ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ИТС 21—2016

ПРОИЗВОДСТВО ОКСИДА МАГНИЯ, ГИДРОКСИДА МАГНИЯ, ХЛОРИДА МАГНИЯ

Москва
Бюро НДТ
2016

gost.e-ecolog.ru

Содержание

Введение IV
Предисловие VII
Область применения 1
Раздел 1. Общая информация об отрасли промышленности 3
1.1 Общие сведения о производстве оксида магния 3
1.2 Производство оксида магния в Российской Федерации 17
1.3 Основные факторы, характеризующие охрану окружающей среды и устойчивое развитие производства оксида магния 20
1.4 Общие сведения о производстве гидроксида магния 21
1.5 Производство гидроксида магния в Российской Федерации 25
1.6 Основные факторы, характеризующие охрану окружающей среды и устойчивое развитие производства гидроксида магния 27
1.7 Общие сведения о производстве хлорида магния 29
1.8 Производство хлорида магния в Российской Федерации 40
1.9 Основные факторы, характеризующие охрану окружающей среды и устойчивое развитие производства хлорида магния 42
Раздел 2. Описание технологических процессов, используемых в настоящее время в рассматриваемой отрасли промышленности 42
2.1 Описание технологических процессов, используемых в настоящее время при производстве оксида магния 42
2.2 Описание технологических процессов, используемых в настоящее время при производстве гидроксида магния 61
2.3 Описание технологических процессов, используемых в настоящее время при производстве хлорида магния 68
Раздел 3. Текущие уровни эмиссии в окружающую среду и потребления ресурсов 74
3.1 Текущие уровни эмиссии в окружающую среду и потребления ресурсов при производстве оксида магния 76
3.2 Текущие уровни эмиссии в окружающую среду и потребления ресурсов при производстве гидроксида магния 80
3.3 Текущие уровни эмиссии в окружающую среду и потребления ресурсов при производстве хлорида магния 81

3.4 Перечень маркерных загрязняющих веществ, характерных для производства оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния 83
3.5 Потери и отходы производства 84
3.6 Использование воды и водоотведение 87
3.7 Шум 89
3.8 Запах 90
Раздел 4. Определение наилучших доступных технологий 91
Раздел 5. Наилучшие доступные технологии 94
5.1 Наилучшие доступные технологии при производстве оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния 94
5.2 Преимущества, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ 103
5.3 Ограничения по применимости наилучших доступных технологий 104
Раздел 6. Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий 104
Раздел 7. Перспективные технологии 106
7.1 Перспективные технологии производства оксида магния 106
7.2 Перспективные технологии производства гидроксида магния 107
7.3 Перспективные технологии производства хлорида магния 108
7.4 Общие рекомендации по перспективным технологиям производства 109
Приложение А (справочное) Описание технологического процесса производства оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния 113
Приложение Б (справочное) Уровни потребления топлива и сырьевых материалов 119
Приложение В (обязательное) Перечень маркерных загрязняющих веществ для атмосферного воздуха 122
Приложение Г (обязательное) Перечень НДТ, позволяющих сократить эмиссии в окружающую среду, потребление сырья, воды, энергии и снизить образование отходов 126
Приложение Д (обязательное) Технологические показатели производства оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния 128
Приложение Е (обязательное) Энергоэффективность 148
Приложение Ж (обязательное) Основные и дополнительные виды деятельности с учетом областей применения НДТ, а также действующих в Российской Федерации кодов ОКВЭД и видам деятельности ОКПД 153
Библиография 154

Введение

Настоящий информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Производство оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния» (далее — справочник НДТ) является документом по стандартизации, разработанным в результате анализа технических, технологических и управленческих решений, применяемых при производстве оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния.

Структура настоящего справочника НДТ соответствует ПНСТ 21—2014 [3], формат описания технологий — ПНСТ 23—2014 [5], термины приведены в соответствии с ПНСТ 22—2014[4].

Краткое содержание справочника

Введение. Представлено краткое содержание настоящего справочника НДТ.

Предисловие. Указана цель разработки настоящего справочника НДТ, его статус, законодательный контекст, краткое описание процедуры создания в соответствии с установленным порядком, а также взаимосвязь с аналогичными международными документами.

Область применения. Описаны основные виды деятельности, на которые распространяется действие настоящего справочника НДТ.

В **разделе 1** представлена информация о состоянии и уровне развития в Российской Федерации производства оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния по основным переделам, описаны основные виды (марки) товарных продуктов, основные области применения и объемы потребления. В разделе 1 приведены также основные факторы и аспекты, характеризующие охрану окружающей среды при производстве магниевых продуктов.

В **разделе 2** представлены сведения о производстве оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния:

- общие сведения о процессе добычи сырья (карбоната магния и раствора бишофита);
- общие сведения о технологии производства оксида магния;
- общие сведения об основном технологическом и природоохранном оборудовании, применяемом при производстве оксида магния;
- общие сведения о технологии производства гидроксида магния;
- общие сведения об основном технологическом и природоохранном оборудовании, применяемом при производстве гидроксида магния;

- общие сведения о технологии производства хлорида магния;

- общие сведения об основном технологическом и природоохранном оборудовании, применяемом при производстве хлорида магния.

В **разделе 3** дана оценка удельного потребления энергоресурсов и уровней эмиссий в окружающую среду, характерных для производства оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния в Российской Федерации. Раздел подготовлен на основании данных, представленных предприятиями Российской Федерации в рамках разработки настоящего справочника НДТ, а также различных литературных источников.

В **разделе 4** описаны особенности подходов, использованных при разработке настоящего справочника НДТ и в целом соответствующих «Правилам определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям» (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458) и «Методическим рекомендациям по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии» (утверждены приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 марта 2015 года № 665).

В **разделе 5** приведены краткие описания НДТ, внедрение которых целесообразно и актуально при производстве оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния и которые позволяют сократить эмиссии в окружающую среду, потребление сырья, воды, энергии и снизить образование отходов и побочных продуктов производства. Кроме того, в этом разделе приведены НДТ, относящиеся к системам экологического менеджмента, контроля и мониторинга технологических процессов производства.

В **разделе 6** приведены доступные сведения об экономических аспектах реализации НДТ на предприятиях Российской Федерации.

В **разделе 7** приведены краткие доступные сведения о новых технологических и технических решениях, направленных на повышение энергоэффективности, ресурсосбережения, снижение эмиссий загрязняющих веществ, эффективное обращение с отходами, промежуточными и побочными продуктами.

Заключительные положения и рекомендации. Приведены сведения о членах технической рабочей группы, принимавших участие в разработке настоящего справочника НДТ, и рекомендации предприятиям отрасли по дальнейшим исследованиям экологических аспектов производственной деятельности и улучшению технологических показателей.

Библиография. Приведен перечень источников информации и нормативных правовых актов, использованных при разработке настоящего справочника НДТ.

Предисловие

Цели, основные принципы и порядок разработки справочника НДТ установлены постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458 ([1]). Перечень областей применения наилучших доступных технологий определен распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 г. № 2674-р ([2]).

1 Статус документа

Настоящий справочник НДТ является документом по стандартизации и разработан в соответствии с положениями, требованиями и терминологией, изложенными в предварительных национальных стандартах в области наилучших доступных технологий ([3]–[5]).

2 Информация о разработчиках

Настоящий справочник НДТ разработан технической рабочей группой «Производство оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния» (ТРГ 21), состав которой утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 4 марта 2016 г. № 236 «О создании технической рабочей группы „Производство оксида магния“» (в редакции приказа Росстандарта от 18 июля 2016 г. № 1046).

Перечень организаций и их представителей, принимавших участие в разработке настоящего справочника НДТ, приведен в разделе «Заключительные положения и рекомендации».

Настоящий справочник НДТ представлен на утверждение Бюро наилучших доступных технологий (далее - Бюро НДТ) (gost.e-ecolog.ru

3 Краткая характеристика

Настоящий справочник НДТ содержит описание применяемых при производстве оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния технологических процессов, оборудования, технических способов, методов, в том числе позволяющих снизить негативное воздействие на окружающую среду, сократить водопотребление, повысить энергоэффективность и ресурсосбережение. Из описанных технологических процессов, оборудования, технических способов, методов определены решения, являющиеся наилучшими доступными технологиями (НДТ).

В настоящем справочнике НДТ установлены соответствующие технологические показатели НДТ.

4 Взаимосвязь с международными, региональными аналогами

Настоящий справочник НДТ разработан на основе справочника ЕС по наилучшим доступным технологиям «Комплексное предотвращение и контроль загрязнения окружающей среды. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям. Производство цемента, извести и оксида магния» (Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries) ([6]).

5 Сбор данных

Информация о технологических процессах, оборудовании, технических способах, методах, применяемых при производстве оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния в Российской Федерации, была собрана в процессе разработки настоящего справочника НДТ в соответствии с «Порядком сбора данных, необходимых для разработки информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям и анализа приоритетных проблем отрасли», утвержденным приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 июня 2015 г. № 863 ([7]).

6 Взаимосвязь с другими справочниками НДТ

Взаимосвязь настоящего справочника НДТ с другими справочниками НДТ, разработанными или разрабатываемыми в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р ([8]), приведена в разделе «Область применения».

7 Информация об утверждении, опубликовании и введении в действие

Настоящий справочник НДТ утвержден приказом Росстандарта от 15 декабря 2016 г. № 1881.

Настоящий справочник НДТ введен в действие с 1 июля 2017 г., официально опубликован в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.e-ecolog.ru

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ПРОИЗВОДСТВО ОКСИДА МАГНИЯ, ГИДРОКСИДА МАГНИЯ, ХЛОРИДА МАГНИЯ

Production of magnesium oxide, magnesium hydroxide, magnesium chloride

Дата введения — 2017-07-01

Область применения

Настоящий справочник НДТ распространяется на следующие основные виды экономической деятельности без ограничений по производственной мощности:

- производство оксида магния;
- производство гидроксида магния;
- производство хлорида магния (хлорида магния гексагидрата).

Производство указанных продуктов относится в соответствии с общероссийским классификатором видов экономической деятельности к производству прочих основных неорганических химических веществ.

Коды по общероссийскому классификатору видов экономической деятельности (ОКВЭД) и общероссийскому классификатору продукции по видам экономической деятельности (ОКПД), соответствующие области применения настоящего справочника НДТ, приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 — Коды по ОКВЭД

Код по ОКВЭД	Наименование вида деятельности по ОКВЭД
24.13	Производство прочих основных неорганических химических веществ

Таблица 2 — Коды по ОПКД

Код по ОКПД	Наименование продукции по ОКПД
08.91.19.190	Сырье минеральное для химических производств и продукты горнодобывающих производств прочие, не включенные в другие группировки

Окончание таблицы 2

Код по ОКПД	Наименование продукции по ОКПД
08.99.29.140	Карбонат магния (магнезит) природный, магнезия и прочие оксиды магния
20.13.25.114	Гидроксид и пероксид магния
20.13.25.119	Оксиды, гидроксиды и пероксиды прочие
20.13.31.000	Галогениды металлов
20.13.52.110	Соединения неорганические, не включенные в другие группировки
23.99.19.190	Продукция минеральная неметаллическая прочая, не включенная в другие группировки

Настоящий справочник НДТ также распространяется на технологические процессы, связанные с основными видами деятельности, которые могут оказать или оказывают влияние на объемы (массы) эмиссий в окружающую среду или на масштабы загрязнения окружающей среды:

- хранение и подготовка сырья;
- хранение и подготовка топлива;
- производственные процессы;
- методы предотвращения и сокращения эмиссий и образования отходов;
- упаковка и хранение продукции.

Настоящий справочник НДТ не распространяется на:

- добычу и обработку сырья на месторождениях;
- вопросы, относящиеся исключительно к обеспечению промышленной безопасности или охране труда.

Вопросы охраны труда рассматриваются частично и только в тех случаях, когда они оказывают непосредственное влияние на виды деятельности, включенные в область применения настоящего справочника НДТ.

Дополнительные виды деятельности, осуществляемые при производстве оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния, и соответствующие им справочники НДТ, определенные распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р ([8]), приведены в таблице 3.

Таблица 3 — Дополнительные виды деятельности, осуществляемые при производстве оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния, и соответствующие им справочники НДТ

Вид деятельности	Наименование соответствующего справочника НДТ
Добыча сырья	Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 16-2016 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы»
Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух	Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 22-2016 «Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»
Очистка и утилизация сточных вод	Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 8-2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров) выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»
Утилизация и обезвреживание отходов	Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 15-2015 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)»
Размещение отходов	Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 17-2015 «Размещение отходов производства и потребления»
Системы охлаждения	Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 20-2015 «Промышленные системы охлаждения»

Раздел 1. Общая информация об отрасли промышленности

1.1 Общие сведения о производстве оксида магния

1.1.1 Виды оксида магния

Оксид магния (окись магния, магнезия, MgO) является наиболее распространенным и важным для промышленного применения соединением магния, которое используют при производстве стали, огнеупоров, резинотехнических изделий, а также в строительной, кожевенной, химической, пищевой, фармацевтической, нефе- и газодобыва-

ющей и других отраслях промышленности. Магнезия — это в общем случае химически чистый оксид магния, известный также под тривиальным названием «периклаз». Температура плавления магнезии (периклаза) — 2825 °С, температура кипения — 3600 °С, плотность — 3,58 г/см^3, растворимость в воде при 30 °С — 0,0086 г/100 см^3 ([9]). Высокая температура плавления, а также химическая инертность и термическая стабильность определяют предпочтительное использование периклаза при производстве огнеупорных материалов, применяемых при высокотемпературных процессах в сталелитейном, цементном, известковом, стекольном производстве и при производстве цветных металлов.

Основными сырьевыми материалами для производства оксида магния в Российской Федерации являются два природных минерала: карбонат магния (магнезит, $MgCO_3$) и гексагидрат хлорида магния (бишофит, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$). Для производства высокочистого оксида магния в качестве природного сырья используют также минерал карналлит ($MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$).

Для производства оксида магния в промышленном масштабе в Российской Федерации применяют два основных принципиально разных технологических процесса или способа, основанных на применении различного природного сырья.

1) Первая технология производства основана на высокотемпературной реакции декарбонизации природного карбоната магния (магнезита) путем его обжига в специальных печах с получением целевого оксида магния. Данная технология имеет тривиальное наименование «„сухой“ способ производства оксида магния» и позволяет в зависимости от условий обжига получать три основных товарных вида оксида магния: мертво обожженную магнезию (DBM), обожженную каустическую магнезию (CCM) и плавленую магнезию, или периклаз (FM). Указанные виды магнезии отличаются своими физико-химическими свойствами, в том числе химической чистотой. В зависимости от качества исходного природного магнезита и технологии подготовки и обработки сырья товарная магнезия содержит от 55 мас. % до 98 мас. % оксида магния (MgO).

Химизм данной технологии производства описывается следующей эндотермической химической реакцией декарбонизации (разложения) карбоната магния:

$$MgCO_3 = MgO + CO_2$$

Основными примесями оксида магния, получаемого по этой технологии, являются диоксид кремния (SiO_2), оксид кальция (CaO), триоксид железа (Fe_2O_3) и триоксид алюминия (Al_2O_3).

2) Вторая технология производства оксида магния базируется на предварительном получении гидроксида магния путем его осаждения путем взаимодействия сильной

щелочи (гидроксида натрия или гидроксида кальция) с растворами хлорида магния (бишофита) и последующей дегидратации полученного и промытого от хлоридов гидроксида магния путем обжига в специальных печах. Данная технология получила тривиальное название «„мокрый“ способ производства оксида магния», поскольку ключевая стадия синтеза гидроксида магния осуществляется путем смешения двух водных растворов исходных реагентов: гидроксида натрия (щелочи, едкого натра) и хлорида магния (бишофита).

Химизм этого способа производства описывается двумя химическими реакциями, реализуемыми на двух последовательно осуществляемых технологических стадиях:

$$2NaOH + MgCl_2 = Mg(OH)_2 + 2NaCl$$

$$Mg(OH)_2 = MgO + H_2O$$

Получаемая этим способом магнезия характеризуется высокой чистотой и отличными потребительскими свойствами, однако, в отличие от магнезии, получаемой «сухим» способом, как правило, содержит в виде минорной примеси хлорид натрия и/или хлорид магния.

В настоящем справочнике НДТ рассматриваются оба способа производства оксида мания, реализованные в Российской Федерации в промышленном масштабе.

Оба способа производства позволяют получать три основных вида оксида магния:

- мертво обожженную, или мертво спеченную, магнезию (DBM);
- обожженную каустическую магнезию (CCM);
- плавленую магнезию, или периклаз (FM).

Однако «мокрый» способ производства оксида магния реализуется, как правило, только для получения высокочистой обожженной каустической магнезии различных марок.

Приведенные виды оксида магния отличаются не только условиями получения, но и своими физико-химическими и потребительскими характеристиками. Виды магнезии различаются и по своей химической чистоте. В зависимости от качества (природы) исходного сырья и способа производства товарный оксид магния содержит от 55 % до 99 % оксида магния (MgO). Основными примесями в товарном оксиде магния являются диоксид кремния (SiO_2), триоксид железа (Fe_2O_3), оксид кальция (CaO), триоксид алюминия (Al_2O_3) или хлорид натрия ($NaCl$) (или хлорид магния ($MgCl$)). Эти примеси влияют на качество и потребительские свойства оксида магния. В обожженной каустиче-

ской магнезии, получаемой «сухим» способом, как правило, содержатся значительные количества диоксида углерода (CO_2) или, точнее, примеси карбоната магния ($MgCO_3$) и карбоната кальция ($CaCO_3$).

1.1.1.1 Обожженная каустическая магнезия (ССМ)

Обожженная каустическая магнезия является оксидом магния, в котором сохранена оригинальная модификация кристаллов, сохраняемая при обжиге при температурах в пределах 600 °С — 800 °С и в которой имеются бреши в кристаллической структуре. Обожженная каустическая магнезия характеризуется высокой удельной поверхностью, и поэтому она по сравнению с мертво обожженной магнезией и плавленой магнезией характеризуется высокой активностью. Обожженная каустическая магнезия обычно представляет собой рыхлый, пористый порошок либо очень рыхлые кусочки. Обжиг карбоната магния или гидроксида магния при более высокой температуре (выше 1300 °С) используют для получения различных сортов обожженной каустической магнезии. Типичные характеристики обожженной каустической магнезии Саткинского производства (ООО «Группа „Магнезит“», Челябинская обл.) приведены в таблице 4.

Таблица 4 — Показатели обожженной каустической магнезии для применения в сельском хозяйстве

Обозначение показателя, единицы измерения	Обозначение марки и технические показатели обожженной каустической магнезии		
	Dalpor P85s	Dalpor P83sk	Dalpor P90sm
MgO, %, не менее	85 (> 86)	83 (> 86)	90 (>92)
CaO, %, не более	6,0 (< 5,0)	6,0 (< 5,0)	3,0 (< 2,8)
SiO_2, %, не более	4,5 (< 4,0)	6,0 (< 5,0)	3,2 (< 3,0)
LOI, %, не более	5,0 (< 4,5)	5,0 (< 4,5)	5,0 (< 4,5)
Размер частиц, мм	0–2	0,2–2	0–0,2

Обожженная каустическая магнезия производится также как продукт с наименованием «магнезия жженая техническая» по ГОСТ 844 в виде продукта одной из трех марок: А, Б или В.

Таблица 5 — Показатели магнезии жженой технической по ГОСТ 844

Наименование показателя	Норма для марки (код ОКП)		
	А (активная) 21 2323 0100	Б 21 2323 0200	В 21 2323 0300
Массовая доля окиси магния, %, не менее	90	93	90
Массовая доля окиси кальция, %, не более	1,5	1,2	2,5
Массовая доля железа в пересчете на окись железа, %, не более	0,1	0,08	0,1
Массовая доля нерастворимого в соляной кислоте остатка, % не более	0,15	0,1	0,15
Массовая доля хлоридов в пересчете на Cl, %, не более	0,05	0,035	0,08
Массовая доля марганца, %, не более	0,003	0,003	0,08
Потери в массе при прокаливании, %, не более	7,5	5,5	7,5
Остаток при просеве на сите с сеткой № 014К (ГОСТ 6613), %, не более	0,1	0,005	0,1
Активность (йодное число), мг-экв.J/100 г MgO, не менее	75	Не нормируется	
Насыпная плотность, г/см^3, не более	0,3	0,45	0,45

Примечания

1 Массовая доля сульфатов в пересчете на SO_3 в жженой магнезии марок Б и В, полученной из сульфатного сырья, гарантируется не более 0,4 % и 0,7 % соответственно.

2 Жженая магнезия марки А, предназначенная для шинной и других отраслей промышленности, кроме резинотехнической, должна иметь активность (йодное число) 30–75 мг-экв.J/100 г MgO.

Указанные марки магнезии жженой технической по ГОСТ 844 применяются в резинотехнической, шинной, электротехнической, химической и других отраслях промышленности.

1.1.1.2 Мертво обожженная, или мертво спеченная, магнезия (DBM)

Мертво обожженную, или мертво спеченную, магнезию получают в процессе обжига карбоната или гидроксида магния при температуре 1600 °С — 2200 °С. Отдельные марки мертво обожженной магнезии отличаются содержанием оксида кальция

(CaO), которое может достигать от менее 2 % до 35 %, и содержанием диоксида кремния, которое должно быть минимальным. Для некоторых областей применения требуется мертво обожженная магнезия с минимальным содержанием железа. Мертво обожженная магнезия кристаллизуется в виде кубических кристаллов и, как правило, характеризуется плотностью менее 3,45 г/см^3 и размером кристаллов в пределах 30–200 мкм. Мертво обожженную магнезию производят в виде зерен и брикетов. Нормируемые (контрактные) и типичные технические показатели марок мертво обожженной магнезии, производимых в Российской Федерации, приведены в таблице 6.

Таблица 6 — Показатели мертво обожженной магнезии для применения в металлургии и в других отраслях

Обозначение показателя, единицы измерения	Обозначение марки и технические показатели мертво обожженной магнезии		
	Dalpor P92m	Dalpor P89e	Dalpor P89m
MgO, %, не менее	91 (>92)	89 (> 90)	89,0 (>90,5)
CaO, %, не более	3,0 (< 2,5)	4,8 (< 4,0)	6,0 (< 4,8)
SiO_2, %, не более	3,0 (< 2,5)	4,0 (< 2,7)	4,0 (< 3,5)
P, %, не более	0,01	Не нормируется	Не нормируется
S, %, не более	0,01	Не нормируется	Не нормируется
Fe_2O_3, %, не более	Не нормируется	2,5 (< 2,0)	3,0 (< 2,7)
Al_2O_3, %, не более	Не нормируется	1,0 (< 0,7)	1,0 (< 0,7)
LOI, %, не более	0,2 (< 0,15)	0,5 (< 0,3)	0,5 (< 0,3)
Влажность, %, не более	Не нормируется	0,5	Не нормируется
Размер частиц, мм	0–2	0–4 не менее 95 % < 1 мм 50 % — 85 %	> 8 мм не более 10 % 75 % — 90 % >1 мм 10 % — 25 % <1 мм

1.1.1.3 Плавленая магнезия, или периклаз (FM)

Плавленую магнезию, или периклаз, получают при плавлении в электродуговых печах при температурах около 2800 °С. Различие между плавленой и спеченной (мертво обожженной) магнезией состоит в том, что плавленая магнезия характеризуется большей плотностью (3,43–3,60 г/см^3) и размером кристаллов в пределах 200–2000 мкм. Плавленую магнезию используют в огнеупорных материалах и для некото-

рых специальных целей, например в ядерных реакторах. Нормируемые (контрактные) и типичные технические показатели периклаза различных марок Раздолинского и Саткинского производств приведены в таблице 7.

Таблица 7 — Показатели периклаза Раздолинского и Саткинского производств

Обозначение показателя, единицы измерения	Обозначение марки и технические показатели периклаза		
	Dalpor P97f	Dalpor P971f	Dalpor P98f
MgO, %, не менее	96,5 (>97,0)	96,5 (> 97,0)	97,5 (>98)
CaO, %, не более	< 2,0 (< 1,8)	< 1,4 (< 1,3)	< 1,3 (< 1,1)
SiO_2, %, не более	< 1,3 (< 1,1)	< 1,4 (< 1,3)	< 0,8 (< 0,65)
Fe_2O_3, %, не более	0,5 (< 0,4)	1,5 (< 1,4)	0,5 (< 0,3)
Al_2O_3, %, не более	0,8 (< 0,7)	0,5 (< 0,4)	0,6 (< 0,5)
Плотность, г/см^3	3,45 (> 3,48)	3,45 (> 3,48)	3,45 (> 3,50)
LOI, %, не более	0,3	0,3	0,2
Размер частиц, мм	5–3, 3–1, 0–1, 0–40	5–3, 3–1, 0–1, 0–40	5–3, 3–1, 0–1, 0–40

1.1.1.4 Обожженная каустическая магнезия «мокрого» способа производства

Обожженная каустическая магнезия, получаемая «мокрым» способом производства, выпускается ЗАО «НикоМаг» в соответствии со стандартом организации СТО 00203275-227—2011 под торговым наименованием «магний оксид». Производятся четыре марки продукта с нормируемыми техническими показателями, указанными в таблице 8.

Таблица 8 — Показатели «магний оксида», производимого по СТО 00203275-227—2011

Наименование показателя	Значения нормы для марки			
	А	Б	В	Г
Внешний вид	Порошок белого цвета			
Массовая доля оксида магния, % не менее	99*	99*	99*	99*
Массовая доля кальция в пересчете на оксид кальция (CaO), %, не более	0,35	0,30	0,30	0,5

Окончание таблицы 8

Наименование показателя	Значения нормы для марки			
	А	Б	В	Г
Массовая доля диоксида кремния (SiO_2), %, не более	0,05	–	0,05	0,05
Массовая доля железа в пересчете на оксид железа (Fe_2O_3), %, не более	0,05	–	0,05	0,05
Массовая доля алюминия в пересчете на триоксид алюминия (Al_2O_3), %, не более	–	–	0,05	–
Массовая доля хлоридов, %, не более	0,1	0,03	0,1	0,2
Массовая доля сульфатов, %, не более	0,2	0,2	0,15	0,5
Массовая доля натрия, %, не более	0,1	–	0,1	0,1
Массовая доля потерь при прокаливании, %, в диапазоне	0,8–2,0	2,0–4,0	4,0–10,0	—
Удельная поверхность, $м^2/г$, в диапазоне	4–20	—	40–170	—
Активность по лимонному числу, с, в диапазоне	—	60–80	—	—
Гранулометрический состав, мкм:				
- диаметр 10 % частиц (d10), не более	1,5	1,5	1,5	—
- диаметр 50 % частиц (d50), не более	5,0	5,0	5,0	—
- диаметр 90 % частиц (d90), не более	30,0	30,0	30,0	—
* Норма приведена в пересчете на прокаленное вещество.				

«Магний оксид» по СТО 00203275-227—2011 используется в качестве высокоэффективного нетоксичного неорганического наполнителя и добавки для производства практически всех типов пластиков и резины, при производстве трансформаторных сталей, а также применяется как исходное сырье в химической, фармацевтической и пищевой отраслях промышленности.

1.1.2 Применение оксида магния

Основной областью применения оксида магния является производство огнеупорных материалов, при этом около 65 % всей производимой магнезии используется при производстве стали, 15 % — в цементной промышленности, 7 % — при производстве огнеупоров другого (специального) назначения, и около 13 % магнезии использу-

ется в других областях применения. Таких сфер применения насчитывается более 80, и в целом они относятся к применению обожженной каустической магнезии ([10]).

Основными областями применения обожженной каустической магнезии являются:

- строительная промышленность, в том числе покрытие полов и изоляция;

- производство трансформаторной стали, в том числе для кондиционирования шлака;

- производство резинотехнических изделий;

- сельскохозяйственной производство, в том числе при получении кормов и в качестве удобрения;

- производство целлюлозы, бумаги, химических и фармацевтических препаратов, огнестойких материалов и композиций;

- охрана окружающей среды;

- химическая, фармацевтическая, пищевая и другие отрасли промышленности.

Мертво обожженная, или мертво спеченная, магнезия в основном применяется при производстве различных огнеупоров, в том числе в следующих отраслях промышленности:

- производство стали, например в электродуговых или других печах, в конвертерах, при транспортировке расплавленного металла;

- производство цемента, например на впуске из запечного теплообменника, в печах и холодильниках;

- производство извести, в том числе на впуске печей обжига известняка;

- стекольное производство, в том числе в плавильных печах и желобах; плавленую магнезию, или периклаз, применяют только при производстве высококачественных специальных огнеупорных материалов и в атомной энергетике.

Основные области применения оксида магния представлены в таблице 9.

Таблица 9 — Основные области применения оксида магния

Область применения	Детали (описание) применения
Производство огнеупорных материалов	Производство огнеупорных материалов для стекольной, цементной, металлургической промышленности
Производство резинотехнических изделий и синтетических каучуков	Использование в качестве наполнителя и вулканизующего компонента резиновых смесей
Металлургия	Производство трансформаторных сталей

Окончание таблицы 9

Область применения	Детали (описание) применения
Нефте- и газодобывающая отрасль	Добавка в буровые растворы
Пищевая промышленность	Пищевая добавка Е530 — эмульгатор
Производство химических реактивов, химическая промышленность	Использование для производства чистых и высокочистых химических веществ, реактивов
Парфюмерия, медицина, фармацевтическая промышленность	Использование в качестве компонента лекарственных и косметических средств, антацидного средства
Гальванические производства	Использование для формирования и нанесения специальных покрытий
Иные сферы применения: кожевенная, электронная промышленность, охрана окружающей среды	Атомная энергетика, электронная промышленность, кожевенная промышленность (дубление кожи), охрана окружающей среды (очистка воды и выбросов)

Крупнейшими потребителями оксида магния в Российской Федерации являются металлургическая промышленность, производство огнеупорных материалов, производство резинотехнических изделий, промышленность строительных материалов, химическая отрасль.

В таблице 10 представлена динамика потребления оксида магния марки ССМ в различных отраслях промышленности Российской Федерации с небольшим объемом потребления за период с 2007 по 2015 год.

Таблица 10 — Динамика потребления оксида магния марки ССМ

Область применения	Объем потребления в Российской Федерации, т/год								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Добавка в буровые растворы	388	309	100	153	190	160	480	520	250
Гальваника	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Дубление кожи	375	397	330	370	340	350	490	520	300

Окончание таблицы 10

Область применения	Объем потребления в Российской Федерации, т/год								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Производство стеклохолста	20	20	0	0	0	0	—	—	—
Парфюмерия и медицина	14	15	16	16	17	19	20	20	20
Химический реактив	230	220	200	210	200	220	270	270	250

Каждая сфера применения предъявляет свои требования к качеству оксида магния. Массовая доля оксида магния в продуктах, предназначенных для большинства областей применения, должна составлять не менее 92 %. Требования по массовой доле примесей в оксиде магния различны в зависимости от сферы применения и конкретных конечных потребителей оксида магния.

1.1.2.1 Применение для производства резинотехнических изделий

В течение 2009 года большинство потребителей оксида магния отечественного производства были вынуждены искать импортные аналоги, при этом практически все запасы оксида магния отечественного производства были использованы.

В течение 2016–2017 годов можно прогнозировать восстановление потребления оксида магния до уровня 1100–1200 т/год. В дальнейшем можно прогнозировать, что средний рост потребления за период в 4–5 лет будет на уровне 5 % — 6 % в год.

Основными потребителями оксида магния для производства резинотехнических изделий являются производители готовых изделий из вулканизированной резины и каучуков, которые приведены в таблице 11.

Таблица 11 — Основные потребители оксида магния для производства резинотехнических изделий

	Наименование потребителя	Объем потребления, т/год
	1 ОАО «Балаковорезинотехника», г. Балаково	30
	2 ОАО «Резинотехника», г. Саранск,	18
	3 ЗАО «Курскрезинотехника»	24
	4 ОАО «УЗЭМИК», г. Уфа	60

Окончание таблицы 11

	Наименование потребителя	Объем потребления, т/год
	5 ОАО «Ярославрезинотехника»	24
	6 ЗАО «Кварт», г. Казань,	18
	7 Томский завод резиновой обуви, г. Томск	18
	8 ОАО «Киров ИСКОЖ», г. Киров	15,6
	9 ОАО «Астраханский завод резиновых технических изделий»	12
	10 ОАО «УРАЛАТИ»	7
	11 ЗАО «Волжскрезинотехника», г. Волжский	7
	12 «Красный треугольник», г. Санкт-Петербург	8
	13 «РТИ -Каучук», г. Москва	16,5
	14 ОАО «ТЕЛИЭМ», г. Пермь	15
	15 «АСБ РТИ», г. Санкт-Петербург	11
	16 ОАО «Химпласт», г. Новосибирск	8
	17 ОАО «БАРНАУЛ-РТИ», Алтайский край	9
	18 ЗАО «ТУЛЬСКИЙ ЗАВОД РТИ», г. Тула	5
	19 ООО «Нокиан Тайерс»	5
	20 ООО «ОЗ РТИ», г. Подольск	4
	21 СП ЗАО «Матадор-Омскшина»	4
	22 ООО «НИИЭМИ», г. Москва	2
	23 ОАО «АРТИ» г. Москва	2
	24 НПП «Элком», г. Москва	2
	25 Прочие*	40
Итого		**365**
* Прочие потребители — с объемом потребления до 2 т/год.		

Основным потребителем резинотехнических изделий, произведенных с использованием оксида магния, является автомобилестроение. Требования, предъявляемые этой отраслью к качеству резинотехнических изделий, постоянно повышаются, также повышается объем потребления специальных резинотехнических изделий (с металлическими частями и уникальными свойствами, высокой износостойкостью) за счет замещения обычных резинотехнических изделий.

Создание в Российской Федерации новых производств по сборке иностранных автомобилей и, соответственно, частичная (а в будущем, вероятно, и полная) комплектация собираемых автомобилей отечественными резинотехническими изделиями ведет к повышению требований к качеству последних, что приводит к активному внедрению отечественными производителями резинотехнических изделий зарубежных технологий (и, соответственно, рецептур). Данный факт обуславливает увеличение потребления жженой магнезии высококачественных сортов. Прогнозируемые темпы роста потребления в долгосрочной перспективе составят около 5 % в год.

Рост объемов потребления высококачественных марок оксида магния сдерживается отсутствием российской сертификации у многих зарубежных марок и невозможностью их применения при производстве резинотехнических изделий для пищевой и медицинской отраслей, а также для предприятий военно-промышленного комплекса.

1.1.2.2 Применение для производства трансформаторных сталей

В Российской Федерации и странах СНГ трансформаторный сорт оксида магния до 2016 года не выпускался.

Трансформаторные сорта оксида магния производят в четырех странах:

- Израиль — Dead Sea Periclase;
- Франция — SCORA S.A. (в альянсе с Израилем);
- США — Martin Marietta Magnesia Specialties LLC;
- Япония — Yingkou Tianhu Magnesia Industries Co Ltd.

В Российской Федерации трансформаторный сорт оксида магния поставляют только три производителя:

- Израиль — Dead Sea Periclase — основная марка TS7001;
- Франция — SCORA S.A. — основная марка PHL;
- США — Martin Marietta Magnesia Specialties LLC.

В Российской Федерации существуют два основных производителя трансформаторной стали:

- ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (далее — ОАО «НЛМК»);
- ООО «ВИЗ-СТАЛЬ», г. Екатеринбург (принадлежит ОАО «НЛМК»).

ОАО «НЛМК» и ООО «ВИЗ-СТАЛЬ» производят трансформаторную сталь по принципиально одной технологии, но ОАО «НЛМК» производит трансформаторную сталь по полному производственному циклу, а ООО «ВИЗ-СТАЛЬ» не имеет собственного производства «подложек» (заготовка для холодного проката стали). В связи с вы-

шеизложенным средняя норма расхода оксида магния на тысячу тонн трансформаторной стали у ОАО «НЛМК» составляет 7 кг, а у ООО «ВИЗ-СТАЛЬ» — 6 кг.

Емкость внутреннего рынка трансформаторной стали составляет около 30 тыс. т, при этом прогнозируется рост потребления этой стали на уровне 5 % — 7 % в год.

Мировое потребление трансформаторной стали ежегодно увеличивается на 2,5 % — 3 %.

В 2009 году ОАО «НЛМК» закончило поэтапный ввод в эксплуатацию нового оборудования по производству трансформаторной стали. В 2010 году общая мощность по выпуску трансформаторной стали составила 360 тыс. т, что соответствует объему потребления оксида магния в 3650 т/год.

В 2009 году произошло резкое снижение производства трансформаторной стали. Это связано со снижением поставок трансформаторной стали на экспорт. По данным ОАО «НЛМК», начиная с IV квартала 2009 года наблюдается рост производства трансформаторной стали (в два раза), а в течение 2010–2011 годов производство трансформаторной стали достигло докризисного уровня. В дальнейшем прогнозируется восстановление темпов роста мирового потребления трансформаторной стали. В связи с этим ОАО «НЛМК» объявило о начале в 2010 году реконструкции по увеличению производственных мощностей по выпуску трансформаторных сталей на 50 тыс. т/год. В результате запланированных реконструкций потенциальный объем потребления оксида магния к 2018 году может возрасти до 4500 т/год.

1.1.2.3 Применение в прочих отраслях промышленности

В 2009 году по причине финансового кризиса произошло снижение потребления оксида магния, в первую очередь в качестве добавки в буровые растворы (вследствие снижения объемов буровых работ). В остальных сферах снижение потребления оксида магния произошло незначительно. Как и прогнозировалось, в течение 2010–2014 годов объем потребления оксида магния прочими сферами применения вернется на докризисный уровень. В 2015 году по причине резкого роста курса доллара США произошло снижение потребления импортного оксида магния. В течение 2017–2019 годов прогнозируется восстановление потребления на уровне 2013–2014 годов, в дальнейшем прогнозируется незначительный рост потребления на уровне 3 % — 5 % в год.

В Российской Федерации оксид магния в качестве химреактива производит только ОАО «Михайловский завод химических реактивов» (по ТУ 6-09-3023—79; магний окись осажденная).

ОАО «Михайловский завод химических реактивов» (Алтайский край) — предприятие, специализирующееся на производстве химреактивов. В качестве сырья для производства оксида магния предприятие использует покупную магнезитовую руду. Оно производит химически осажденный оксид магния по ТУ 6-09-3023—79 с содержанием основного вещества 83 %. По своим характеристикам данный продукт имеет ограниченное применение в качестве химреактива и в основном используется в качестве магнийсодержащей добавки в корма животным.

Промышленное производство оксида магния для прочих сфер применения в Российской Федерации отсутствует. Поставки на импорт и производство осуществляются по предварительному заказу конечного потребителя с согласованием качества и, соответственно, цены.

1.2 Производство оксида магния в Российской Федерации

По итогам 2015 года ситуация на российском рынке оксида магния следующая: общий годовой объем потребления оценивается на уровне более 660 тыс. т, в том числе с разбивкой по основным областям применения:

- производство огнеупорных материалов — около 350 тыс. т/год;
- другие области применения — более 300 тыс. т/год;
- для производства резинотехнических изделий — 950 т/год;
- для производства трансформаторных сталей — 1500 т/год.

В Российской Федерации основным производителем различных марок оксида магния по «сухому способу» по состоянию на 1 января 2016 г. является ООО «Группа „Магнезит“», располагающее двумя промышленными площадками по производству оксида магния: Саткинское производство (г. Сатка, Челябинская обл.) и Красноярское (Нижнеангарское) производство. Мощность Саткинского производства по обожженной каустической магнезии составляет 100 тыс. т/год; по мертво спеченной магнезии составляет 150 тыс. т/год; мощность производства по периклазу составляет 150 тыс. т/год.

Мощность красноярского производства по обожженной каустической магнезии составляет 200 тыс. т/год; по периклазу — 50 тыс. т/год. Таким образом, суммарная мощность производства оксида магния ООО «Группа «Магнезит» по состоянию на 2016 год распределяется по видам оксида магния следующим образом:

- производство обожженной каустической магнезии — 300 тыс. т/год;
- производство мертво спеченной магнезии — 150 тыс. т/год;
- производство периклаза — 200 тыс. т/год.

Кроме того, в ближайшее время планируется создание нового производства обожженной каустической магнезии мощностью 100 тыс. т/год и производства периклаза мощностью 100 тыс. т/год с использованием магнезита Тальского месторождения «Группы „Магнезит“».

Основным производителем высококачественного оксида магния «мокрым» способом по состоянию на 1 апреля 2016 г. является ЗАО «НикоМаг», расположенное в г. Волгограде. Проектная мощность производства составляет 30 тыс. т/год.

1.2.1 Применяемые процессы и техника

1.2.1.1 Сырьевые материалы и их подготовка

При производстве оксида магния (магнезии) наиболее важными и основными сырьевыми материалами являются:

- магнезит (карбонат магния) — для «сухого» способа производства;
- брусит (гидроксид магния) — для «сухого» способа производств;
- хлорид магния (бишофит) — для «мокрого» способа производства.

Настоящий справочник НДТ относится к «сухому» способу производства из магнезита и к «мокрому» способу производства оксида магния из хлорида магния (бишофита), которые реализованы в промышленном масштабе в Российской Федерации на 2 и более предприятиях (установках). «Сухой» способ производства оксида магния из брусита в настоящем справочнике НДТ не рассматривается в виду отсутствия промышленного производства магнезии с использованием этого сырьевого материала.

В настоящее время Российская Федерация обладает почти 35 % мировых запасов оксида магния в виде магнезита, что составляет более 650 млн т. При этом основные запасы магнезита сосредоточены в Челябинской области, Красноярском крае, Иркутской области и Еврейской автономной области. Сырьевые материалы для «сухого» способа производства магнезии добывают в открытых карьерах или в подземных шахтах. При добыче происходит измельчение кусков магнезита и их первичная обработка. Для подготовки магнезита используют стандартное оборудование для дробления, измельчения и фракционирования. В зависимости от природы минерала — твердости, размера его кусков — используют различные виды оборудования для первичного и вторичного измельчения. Для подготовки магнезита иногда используют тяжелый шлам. Для удаления примесей сырьевые материалы часто промывают. Кроме того, при помощи магнитного сепаратора осуществляют непрерывную магнитную сепарацию, то есть очистку от примесей соединений железа. Магнезит (горная порода) состоит из

кристаллического минерала — магнезита ($MgCO_3$), в состав которого входит 47,81 мас. % MgO и 52,19 мас. % CO_2. Цвет магнезита — белый с сероватым или желтоватым оттенком, иногда снежно-белый, блеск — стеклянный; твердость по шкале Мооса — 4,5–5; плотность — 2,9–3,1 г/см^3.

В промышленности под магнезитом понимается также карбонатная горная порода кристаллического или аморфного строения, состоящая в основном из минерала магнезита с примесью гидромагнезита, доломита, кальцита, талька, хлорита, глинистого и углистого вещества.

Общий объем запасов магнезита в месторождениях, принадлежащих ООО «Группа „Магнезит“», оценивается в 188 млн т, что составляет около 18,6 % всех внутренних запасов магнезита, из них на Челябинское (Саткинское) месторождение приходится 152,4 млн т, на Красноярское (Нижнеангарское) месторождение — 19,8 млн т, на другие месторождения группы (Словакия, Китай) — 15,7 млн т магнезита. По средней массовой доле диоксида кремния сырье различных месторождений характеризуется следующими свойствами: массовая доля диоксида кремния в магнезите Саткинского месторождения составляет 0,98 %; в магнезите Красноярского месторождения — 0,54 %; в магнезите других месторождений — от 0,55 % (Китай) до 0,60 % (Словакия).

Типичный химический состав магнезита двух основных месторождений Российской Федерации представлен в таблице 12.

Таблица 12 — Химический состав магнезита месторождений Российской Федерации

Наименование месторождения	Степень чистоты	Компонент и его массовая доля в магнезите, %			
		MgO	SiO_2	CaO	Fe_2O_3
Челябинское (Саткинское)		44–47	0,6–2,5	0,8–7,0	0,8–1,0
Красноярское (Нижнеангарское)	Высокая	47–48	0,25–0,35	0,47–0,55	0,10–0,15
	Средняя	46–47	0,35–0,75	0,55–0,70	0,10–0,15

По данным за 2015 год, магнезит Челябинского месторождения добывается подземным (шахтным) и открытым карьерным способами, а магнезит Красноярского месторождения — только открытым карьерным способом.

1.3 Основные факторы, характеризующие охрану окружающей среды и устойчивое развитие производства оксида магния

Основными факторами, характеризующими охрану окружающей среды при производстве оксида магния «сухим» способом, являются:

- удельное потребление энергоресурсов, включая топливо;

- удельные выбросы диоксида углерода (CO_2) и загрязняющих веществ, содержащихся в дымовых газах;

- удельные выбросы (эмиссия) оксида магния и магнезита в атмосферу;

- контроль загрязнения воздуха (запыленность);

- усовершенствование стадий подготовки и транспортирования сырья и фасовки готового продукта.

Факторы, характеризующие устойчивое развитие производства «сухим» способом, связаны с наличием месторождений высококачественного магнезита для сохранения запасов в течение обозримого будущего. С точки зрения геологии карбонат магния — широко распространенный минерал, тем не менее не все известные месторождения магнезита в полной мере отвечают следующим характеристикам и требованиям:

а) запасы, обеспечивающие эксплуатацию производства в течение 50 лет и более;

б) высокая химическая чистота природного сырья (магнезита);

в) специфические физические и механические характеристики сырья;

г) наличие инфраструктуры, удобной и благоприятной для транспортирования сырья;

д) гарантированная защита окружающей среды, включая сохранение сложившихся экологических систем в районе добычи сырья.

Основными факторами, характеризующими охрану окружающей среды при производстве оксида магния «мокрым» способом, являются:

- удельное потребление энергоресурсов, включая природный газ;

- удельные выбросы (эмиссия) оксида магния и загрязняющих веществ, содержащихся в дымовых газах;

- гарантированная возможность и/или эффективность утилизации или очистки водно-солевого раствора, образующегося на стадии синтеза и промывки гидроксида магния;

- контроль загрязнения воздуха (запыленность);

- усовершенствование стадии фасовки готового продукта.

Факторы, характеризующие устойчивое развитие производства «мокрым» способом, связаны с наличием месторождений высококачественного бишофита и сохранением запасов в течение обозримого будущего (40–50 лет), а также с наличием, стоимостью транспортирования и стабильной себестоимостью второго сырьевого компонента производства — раствора гидроксида натрия (едкого натра).

1.4 Общие сведения о производстве гидроксида магния

1.4.1 Виды гидроксида магния

Гидроксид магния ($Mg(OH)_2$) является распространенным и важным для применения соединением магния, которое используют в качестве антипирена при производстве термопластов и полимерных композиций, в качестве флокулянта при очистке природных и сточных вод, при производстве моющих, косметических средств и сахара, а также в химической, пищевой, фармацевтической и других отраслях промышленности ([10]). В природе гидроксид магния встречается в виде минерала брусита. Температура плавления гидроксида магния — 350 °С (с разложением), плотность при 20 °С — 2,36 г/см^3, растворимость в воде при 20 °С — 0,0012 г/100 см^3, энтальпия образования — минус 925 кДж/моль ([9]).

В настоящее время в Российской Федерации в промышленном масштабе производятся различные марки или виды гидроксида магния, отличающиеся прежде всего происхождением, удельной поверхностью и дисперсностью или гранулометрическим составом, а также наличием и природой специальных добавок, модифицирующих поверхность частиц гидроксида магния.

1.4.1.1 Природный гидроксид магния (брусит)

Продукты на основе природного гидроксида магния (брусита), как правило, характеризуются массовой долей основного вещества в пределах 92 % — 95 %. Их производство осуществляется путем подготовки, размола и фракционирования природного минерала брусита. Товарные продукты на основе брусита производятся и поставляются как в «чистом», то есть в необработанном, измельченном виде, так и в виде поверхностно обработанных специальными модифицирующими добавками марок брусита. Такой способ производства гидроксида магния называется «сухим» способом и характеризуется тем, что качество и характеристики товарного продукта непосредственно зависят от качества исходного минерального сырья — брусита. В настоящем справочнике НДТ этот метод детально не рассматривается ввиду отсутствия необхо-

димых и достаточных сведений для описания метода производства (технологии) и оценки уровня его воздействия на окружающую среду.

1.4.1.2 Синтетический гидроксид магния

Синтетический гидроксид магния в настоящее время производится в Российской Федерации «мокрым» способом, заключающемся во взаимодействии водных растворов хлорида магния и гидроксида натрия с последующим осаждением, фильтрацией, промывкой, сушкой и измельчением гидроксида магния.

Для получения различных марок синтетического гидроксида магния образующаяся на стадии синтеза или промывки суспензия гидроксида магния подвергается специальной обработке — автоклавированию — с целью достижения определенной дисперсности и удельной поверхности целевого продукта. Кроме того, на стадиях сушки или измельчения может осуществляться поверхностная обработка (т. е. модифицирование) синтетического гидроксида магния.

Синтетический гидроксид магния по сравнению с природным бруситом имеет следующие технические и потребительские преимущества:

- более высокая температура начала разложения — >350 ºС (у природного — >300 °С);
- отсутствие нежелательных (так называемых вредных) примесей;
- более высокая степень белизны;
- возможность варьирования удельной поверхности (активности) и дисперсности частиц в процессе синтеза гидроксида магния.

1.4.2 Применение гидроксида магния

В настоящее время гидроксид магния используют в нескольких областях промышленности, основные из которых приведены в таблице 13. Наиболее важные области применения гидроксида магния — это производство негорючих проводов и кабелей (автомобильные и безгалогеновые силовые кабели), кровельных листов. Другие сферы применения имеют второстепенное значение (электротехника и электроника (корпуса, соединительные элементы), кабельные каналы, профили, трубы, транспортные контейнеры). В зависимости от применения используются различные марки — начиная от дешевого измельченного природного брусита и заканчивая высококачественным поверхностно обработанным гидроксидом магния.

Гидроксид магния, применяемый при производстве автомобильных проводов и кабелей, обычно представляет собой поверхностно обработанный продукт высокого

качества. Это характерно для японских производителей автомобилей, таких как Toyota, использующих марки Kisuma и Magnifin. Немецкие производители автомобилей также будут использовать эти сорта, как только традиционные ПВХ-композиции будут заменены композициями с более высокой термостабильностью. Французские автомобильные производители PSA и Renault уже используют композиции кабелей и проводов, основанные на гидроксиде магния, однако они более низкого качества и основаны на дешевом измельченном брусите, покрытом стеаратами, который производится в Италии компанией Nuova Sima и применяется в кабельной продукции компанией Prysmian (ранее — Pirelli).

Таблица 13 — Основные области применения гидроксида магния

Область применения	Детали (описание) применения
Производство огнестойких полимерных композиций, ЛКМ и пластиков	Использование в качестве наполнителя и антипирена для полимерных материалов, ЛКМ, пластикатов
Пищевая промышленность	Использование в качестве пищевой добавки Е528; эмульгатора, регулятора кислотности; при производстве сахара
Производство химических реактивов, химическая промышленность	Использование для производства чистых и высокочистых химических веществ, реактивов, оксида магния
Медицина, косметическая, фармацевтическая промышленность	Использование в качестве компонента лекарственных и косметических средств; антацидное средство
Иные сферы применения (охрана окружающей среды)	Использование в качестве флокулянта для очистки природных и сточных вод

Безгалогеновые силовые кабели применяются в специфических сферах, таких как атомные электростанции, военно-морской флот, центры обработки данных, а также все в большей степени в общественных зданиях. Однако основные используемые композиции — это композиции, основанные на сшитом полиэтилене/гидроксиде алюминия, а не на полипропилене/гидроксиде магния. Использование гидроксида магния все еще достаточно низкое по сравнению с применением тригидрата алюминия.

Для силовых кабелей, используемых в Европе, которые заменят ПВХ-кабели в связи с новыми требованиями по кислотности, качественные требования могут быть

более низкими. Более дешевые композиции, основанные на гидроокиси алюминия или измельченном гидроксиде магния, также могут быть использованы в будущем.

В то время как применение огнезащитных полиамидов в электротехнике и электронике будет и дальше увеличиваться в Европе предположительно на 6 % — 7 % в год, рынок использования гидроксида магния в полиамиде для электротехники и электроники все еще довольно мал. Это объясняется большим разнообразием антипиреновых композиций, основанных на галогеновых (бромированных, хлорированных) и безгалогеновых (фосфорных, азотистых, неорганических) компаундах, которые часто требуют более легкой обработки, меньшей загрузки и часто являются более дешевыми.

Применение в Российской Федерации гидроксида магния в качестве термостабилизатора и антипирена различных пластиков и красок недостаточно развито, что было связано с отсутствием отечественного производителя данного материала. Большинство потребителей используют традиционные антипирены (бромсодержащие, органические, гидроксид алюминия и пр.). Потребление импортного антипирена (гидроксида магния) связано с приобретением отечественными предприятиями зарубежных технологий производства, которые требуют применения антипирена только определенной марки.

В потенциальных сферах применения гидроксида магния в качестве эффективного заменителя тригидрата алюминия в настоящее время наиболее перспективной является сфера производства кабельных пластикатов на основе поливинилхлорида (ПВХ). По итогам 2015 года объем рынка кабельных пластикатов в Российской Федерации составил около 260 тыс. т, из них более 55 тыс. т приходится на кабельные специальные пластикаты. Рост потребления кабельных специальных пластикатов в 2003–2015 годах составил 135 %.

Этот рост был достигнут в основном усилиями Всероссийского научно-исследовательского института кабельной промышленности по применению негорючей кабельной продукции вместо обычных «горючих» кабелей, как на специальных объектах, например на атомных станциях, в метрополитене, шахтах, так и в прочих ответственных промышленных объектах.

В дальнейшем увеличение потребления гидроксида магния в кабельных пластикатах будет связано с ужесточением требований по пожарной безопасности в соответствии с [12] для кабельной и иной продукции, применяемой в общественных, офисных и жилых зданиях, а также в детских садах и школах.

Прогнозируемый темп роста потенциального потребления гидроксида магния составляет в среднем 10 % в год.

Производство высококачественного гидроксида алюминия в Российской Федерации в настоящее время отсутствует. В связи с этим высококачественный тригидрат алюминия импортируется в Российскую Федерацию в основном из Германии (производство компании Martinswerk GmbH).

Гидроксид магния позиционируется как высококачественный заменитель тригидрата алюминия (гидроксида алюминия), при этом применение гидроксида магния по сравнению с гидроксидом алюминия имеет ряд преимуществ:

- процесс разложения эндотермический, сопровождается поглощением тепла — до 1373 кДж/г, что несколько выше (на 17 %), чем у гидроксида алюминия, соответственно, уменьшается тепловая деградация пластмасс;

- температурная деструкция (разложение) гидроксида магния происходит в интервале 330 °С — 450 °С с выделением кристаллизационной влаги (до 31 мас. %), у гидроксида алюминия температурная деструкция происходит до 220 °С;

- белый цвет, пластинчатая форма частиц, низкая абразивность, регулируемая дисперсность — эти показатели значительно лучше, чем у гидроксида алюминия.

1.5 Производство гидроксида магния в Российской Федерации

В настоящее время в Российской Федерации в промышленном масштабе осуществляется производство гидроксида магния «сухим» и «мокрым» способами.

1.5.1 Производство гидроксида магния «сухим» способом

ЗАО «ГЕОКОМ» (Калужская обл.) производит природный гидроксид магния «сухим» способом для применения в качестве наполнителя — антипирена в ЛКМ, резинах, термопластах (ПВХ, ПА, ПЭ), а также как добавки при производстве удобрений и кормов. Выпускаемый гидроксид магния имеет содержание основного вещества в пределах 92 % — 95 % и производится путем подготовки, измельчения и фракционирования природного минерала брусита. Гидроксид магния (брусит) поставляется как в чистом виде, так и поверхностно обработанный жирными органическим кислотами или силанами. Производство начато в середине 2004 года, объем производства всех антипиреновых марок брусита ГОМ составляет ориентировочно 400 т/год.

Качество гидроксида магния, выделяемого гидрохимическими методами обработки и обогащения минерального сырья, обычно значительно выше соответствующих

показателей продукта, получаемого непосредственно из природных минералов. Это обусловлено тем, что гидрохимические процессы осаждения гидроксида магния включают технологические стадии очистки растворов и суспензий, в то время как все примеси из исходного минерального сырья (брусита) при его переработке (подготовке, помоле, фракционировании, поверхностной обработке) практически полностью переходят в продукт.

В то же время при самом тщательном отборе, контроле и подготовке сырья содержание основных примесей, полностью переходящих в продукт, даже в качественном минерале первого сорта на порядок превышает аналогичные показатели для синтетического гидроксида магния, получаемого «мокрым» способом.

Синтетический гидроксид магния, получаемый «мокрым» способом, по сравнению с природным бруситом имеет следующие преимущества:

- более высокая температура начала разложения — >350 ºС (у природного — >300 °С);

- отсутствие нежелательных (так называемых вредных) примесей;

- более высокая степень белизны.

ООО «Вязьма-Брусит» (Смоленская обл.) (ООО «Русское горно-химическое общество») производит гидроксид магния (брусит) в основном для применения в качестве удобрения и добавки в корма животным, а также для очистки природной воды, нейтрализации и очистки сточных вод. Компания также активно развивает направление использования брусита в качестве антипирена и наполнителя в пластики, ЛКМ и резинотехнических изделий. Выпускаемый природный гидроксид магния характеризуется содержанием основного вещества в пределах 92 % — 95 % и производится путем сухого измельчения брусита. Основным источником исходного минерального сырья является Кульдурское месторождение брусита, находящееся в управлении компании.

Природный гидроксид магния производится и поставляется как в чистом виде, так и поверхностно обработанный жирными органическим кислотами. Производство природного гидроксида магния в качестве антипирена начато в конце 2007 года; объем производства гидроксида магния, реализуемого в качестве антипирена (наполнителя), составляет около 1000 т/год.

1.5.2 Производство гидроксида магния «мокрым» способом

ОАО «Михайловский завод химических реактивов» (р. п. Малиновое, Михайловский район, Алтайский край) производит следующие соединения магния «мокрым» способом::

- магний окись осажденная по ТУ 6-09-3023—79;
- магний углекислый основной марок «Ч», «ЧДА» по ГОСТ 6419;
- магний карбонат основной марки «ФК» по ФСП 42–0474–3989–03;
- оксид магния для премиксов по ТУ 2123-012-05761270—2002, в том числе высококачественный синтетический гидроксид магния марок «Ч» и «ЧДА» по ТУ 6-09-3759—86 (магний гидроокись).

Сырьем для производства магниевых соединений, производимых предприятием, является суспензия гидроксида магния. Товарный гидроксид магния категории «Ч» или «ЧДА» производят путем дополнительной очистки и промывки суспензии гидроксида магния с последующей фильтрацией и сушкой. В качестве сырья для производства гидроксида магния «мокрым» способом используется природный минерал карналлит ($MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$).

Производственные мощности предприятия по суспензии гидроксида магния составляют 150 т/мес, или около 1800 т/год.

Основным производителем высококачественного гидроксида магния в Российской Федерации по состоянию на 1 апреля 2016 г. является ЗАО «НикоМаг». Проектная мощность производства составляет 25 тыс. т/год.

1.6 Основные факторы, характеризующие охрану окружающей среды и устойчивое развитие производства гидроксида магния

1.6.1 Основные факторы, характеризующие охрану окружающей среды при производстве гидроксида магния «сухим» способом

Основными факторами, характеризующими охрану окружающей среды при производстве гидроксида магния из природного минерала брусита («сухой» способ производства), являются:

- удельное потребление энергоресурсов;
- удельные выбросы загрязняющих веществ, образующихся при производстве;
- контроль загрязнения воздуха (запыленность);
- усовершенствование стадий подготовки сырья и фасовки готового продукта.

Факторы, характеризующие устойчивое развитие производства по «сухому» методу, связаны с наличием месторождений высококачественного брусита для сохранения запасов в обозримом будущем. С точки зрения геологии брусит — минерал, имеющий ограниченное распространение в природе. В связи с этим весьма проблематично найти месторождения, в полной мере отвечающие следующим характеристикам и требованиям:

а) запасы, обеспечивающие эксплуатацию производства в течение 30 лет и более;

б) высокая химическая чистота сырья;

в) специфические физические и механические характеристики сырья;

г) наличие инфраструктуры, удобной и благоприятной для транспортирования сырья;

д) гарантированная защита окружающей среды, включая сохранение сложившихся экологических систем в районе добычи сырья.

1.6.2 Основные факторы, характеризующие охрану окружающей среды при производстве гидроксида магния «мокрым» способом

Основными факторами, характеризующими охрану окружающей среды при производстве гидроксида магния «мокрым» способом, являются:

- удельное потребление энергоресурсов, включая природный газ;
- удельные выбросы загрязняющих веществ, содержащихся в дымовых газах;
- наличие и эффективность утилизации (использования) или очистки водно-солевого раствора стадии синтеза и промывки гидроксида мания;
- контроль загрязнения воздуха (запыленность);
- усовершенствование стадии фасовки готового продукта.

Основными факторами, характеризующими устойчивое развитие производства гидроксида магния «мокрым» способом, являются:

- наличие и близость расположения месторождений высококачественного бишофита с целью сохранения запасов в течение 40–50 лет и обеспечения производства сырьем;
- наличие, стоимость транспортировки, себестоимость и качество второго сырьевого компонента — гидроксида натрия.

1.7 Общие сведения о производстве хлорида магния

1.7.1 Виды хлорида магния

Хлорид магния (хлористый магний, бишофит, $MgCl_2$) является достаточно распространенным и важным для промышленного применения соединением магния, которое используют при производстве металлического магния, производстве магнезиальных вяжущих, противогололедных материалов, в строительной, химической, пищевой, фармацевтической, нефте- и газодобывающей и других отраслях промышленности. Безводный хлорид магния представляет собой бесцветные кристаллы. Температура плавления безводного хлорида магния — 713 °С, температура кипения — 1412 °С, плотность при 20 °С — 2,316 г/см^3, растворимость в воде при 20 °С — 35,3 мас. % ([9]). Безводный хлорид магния весьма гигроскопичен и легко образует кристаллогидраты с 1, 2, 4, 6, 8 и 12 молекулами воды. В интервале температур от минус 3,4 до 116,7 °С устойчив шестиводный кристаллогидрат хлорида магния — $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, известный также под тривиальным названием «бишофит» (гексагидрат хлорида магния).

В Российской Федерации в настоящее время производится хлорид магния двух основных видов, отличающихся агрегатным состоянием и массовой долей хлорида магния:

- раствор хлорида магния (бишофита) с массовой долей хлорида магния в пределах 30 % — 34,5 %, как правило, представляющий собой продукт подземного выщелачивания бишофита;

- твердый (чешуированный или гранулированный) хлорид магния гексагидрат (далее — твердый хлорид магния), представляющий собой шестиводный кристаллогидрат хлорида магния — $MgCl_2 \cdot 6H_2O$.

Получение раствора хлорида магния (бишофита) осуществляется путем подземного выщелачивания минерала бишофита на соответствующих месторождениях. При этом образуется и откачивается при помощи скважин глубиной до 1,5 км водный раствор хлорида магния с массовой долей основного вещества не менее 30 %, как правило, с массовой долей $MgCl_2$ в пределах 30,0 % — 34,0 %. Получающийся водный раствор хлорида магния характеризуется плотностью в пределах 1,28–1,34 г/см^3 при 20 °С и представляет собой относительно вязкую прозрачную жидкость от слегка серого или бесцветного до желтоватого цвета.

Поскольку получение водного раствора хлорида магния методом подземного выщелачивания не связано с применением специфического технологического оборудования и представляет собой простое растворение минерала бишофита водой и

транспортирование (откачку) образовавшегося раствора на поверхность (т. е. единый технологический цикл добычи минерального сырья), то эти технологические операции не подпадают под область применения настоящего справочника НДТ. В связи с этим в настоящем справочнике НДТ процесс получения, то есть добычи, раствора бишофита не рассматривается в качестве объекта НДТ и, соответственно, не рассматриваются процессы получения (производство) водных растворов хлорида магния различной концентрации.

Твердый хлорид магния, используемый в различных отраслях промышленности, производят путем упаривания водного раствора хлорида магния с получением шестиводного кристаллогидрата хлорида магния (бишофита), имеющего температуру плавления (кристаллизации) около 116 °С. Производство именно этого вида хлорида магния — бишофита — и является предметом рассмотрения настоящего справочника НДТ. Основными товарными формами производимого в Российской Федерации хлорида магния являются гранулы и чешуйки.

В настоящее время в Российской Федерации производится хлорид магния с наименованием «бишофит (магний хлористый)» по ТУ 2152-002-93524115—2010 (с изменениями 1–3). Технические показатели этого продукта, имеющего код ОКП 21 5216, приведены в таблице 14.

Таблица 14 — Технические показатели бишофита по ТУ 2152-002-93524115—2010

Наименование показателя	Значение
1 Внешний вид	Гранулы или чешуйки от белого до светло-серого цвета с оттенками от желтоватого до светло-коричневого
2 Массовая доля ионов магния (Mg^{2+}), %, не менее в пересчете на $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, %, не менее	11,8 97,0
3 Массовая доля хлористого кальция в пересчете на оксид кальция (CaO), %, не более	0,1
4 Массовая доля ионов щелочных металлов ($Na^+ + K^+$), %, не более	0,8
5 Массовая доля нерастворимого в воде остатка, %, не более	0,2

Кроме того, в Российской Федерации ЗАО «НикоМаг» производит по техническим условиям ТУ 9199-003-93524115—2011 пищевую добавку «хлорид магния Е511» (код ОКП 91 9900). Нормируемые показатели этой пищевой добавки приведены в таблице 15.

Таблица 15 — Технические показатели пищевой добавки по ТУ 9199-003-93524115—2011

Наименование показателя	Значение
1 Внешний вид	Гранулы или чешуйки от белого до светло-серого цвета с оттенками от желтоватого до светло-коричневого
2 Массовая доля 6-водного хлористого магния ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$), %	99–105
3 Массовая доля хлористого кальция в пересчете на оксид кальция (CaO), %, не более	0,05
4 Массовая доля ионов щелочных металлов ($Na^+ + K^+$), %, не более	0,5

Пищевой хлорид магния относится к категории эмульгаторов и применяется в пищевой промышленности в качестве отвердителя.

1.7.2 Применение хлорида магния

Основными областями применения хлорида магния в Российской Федерации в настоящее время являются производство противогололедных реагентов, нефте- и газодобывающая отрасли промышленности, производство синтетических каучуков и тиокола, обработка пылящих и смерзающихся грузов.

Области применения хлорида магния по данным маркетинговых исследований за 2012–2015 годы приведены в таблице 16.

Таблица 16 — Области потребления хлорида магния в Российской Федерации в 2012–2015 годах

Области применения хлорида магния	Объем потребления, т/год	Потенциальный объем потребления, т/год
Противогололедный реагент	5000	40 000

Окончание таблицы 16

Области применения хлорида магния	Объем потребления, т/год	Потенциальный объем потребления, т/год
Производство магнезиальных бетонов, цементов	500	3000
Производство фибролитовых панелей	0	2000
Производство стекломагниевого листа	500	14 000
Стекломагниевая черепица, пенобетон (пеномагнезит) и газобетон (газомагнезит)	0	1000
Производство синтетических каучуков и тиокола	1800	2500
Обработка древесины	100	200
Текстильная промышленность	150	150
Очистка воды и сточных вод	120	720
Нефте- и газодобывающая отрасли	11 200	15 000
Производство абразивных материалов	550	1000
Подавление пыли, обработка пылящих и смерзающихся грузов	9000	13 000
Получение магнийсодержащих соединений	1000	3000
Итого	**27 400–30 000**	**95 570**

1.7.2.1 Производство магнезиальных бетонов

Хлорид магния применяется для производства магнезиальных цементов (цементы Сореля), магнезиальных бетонов и добавок в бетоны. В данной сфере применяется в основном технический чешуированный хлорид магния (ТУ 2152-001-53561075—02, [13]) и раствор бишофита.

В Российской Федерации хлорид магния применяется в основном для изготовления:

- наливных бетонных полов;
- огнеупорных бетонов;
- огнеупорных и противосмерзающихся добавок к бетонам.

Магнезиальные бетоны обладают высокой прочностью, не пылят, обладают антистатическими свойствами, но они не получили широкого распространения в связи с тем, что при длительном контакте с водой частично разрушаются.

С точки зрения технологии использования практически нет различий по применению твердого хлорида магния и раствора бишофита. Предприятия, использующие раствор бишофита в данном производстве, могут без значительных изменений технологии перейти на чешуированный хлорид магния. В потреблении чешуированного хлорида магния наблюдается определенная сезонность: в зимний период объемы использования хлорида магния незначительно снижаются, при этом предприятия, использующие жидкий (раствор) и твердый хлорид магния, в зимний период предпочитают использовать раствор бишофита, поскольку для использования твердого хлорида магния необходимо его растворение в теплой воде.

Объем потребления чешуированного хлорида магния в данной отрасли в Российской Федерации за 2013 год составил около 500 т. Данные за 2015 год показывают незначительный рост потребления в данной сфере (на 0,15 %).

По экспертной оценке, в этом сегменте потенциальный объем потребления чешуированного хлорида магния может увеличиться до 3000 т/год.

1.7.2.2 Производство фибролитовых панелей

Фибролитовые панели — это универсальный многофункциональный строительный материал, изготовленный из древесной шерсти и магнезиального цемента. Панели используют в качестве несъемной опалубки, что позволяет снизить себестоимость строительно-монтажных работ практически в 3 раза. В комбинации с другими материалами фибролит применяют при экономичном и быстром методе строительства недорогих домов (особенно плиты высокой плотности). Обычно фибролит используют с деревянными, металлическими или бетонными каркасами, в которых он играет роль внешних стен и перегородок. С отделкой из кровельного волокна фибролитовые панели могут также быть использованы для крыши. Альтернативно могут применяться кровельные доски из фибролита высокой плотности.

На данный момент в России единственным производителем данного материала является ОАО «Фибролит» (г. Сатка) с объемом потребления хлористого магния около 1000 т/год в виде жидкого бишофита.

Потенциальный объем потребления хлорида магния составляет 2000 т/год.

1.7.2.3 Производство стекломагниевого листа

Стекломагниевый лист (СМЛ, доломито-волокнистый лист, ксилолито-волокнистый лист) — это листовой отделочный материал, который позиционируется как заменитель гипсокартона. Основными составляющими компонентами данного материала являются магнезиальный цемент, опилки, стекловолокно и перлит.

СМЛ является относительно новым в мировом масштабе строительным материалом, импорт в Российскую Федерацию начал осуществляться с 2005 года В настоящее время СМЛ производится в основном в Китае.

Единственным производителем СМЛ в Российской Федерации в 2008 году было ООО «Мраморикс» (г. Екатеринбург), объем потребления хлорида магния — 50 т/год. В 2012 году производителей СМЛ в Российской Федерации стало уже 7 с объемом потребления хлорида магния около 500 т/в год

В 2013–2015 годах о начале производства СМЛ в России заявило более 10 компаний. Потенциальный объем потребления хлорида магния с учетом полного импортозамещения китайского товара составляет не менее 14 000 т/год.

1.7.2.4 Производство стекло-магниевой черепицы, пенобетона (пеномагнезита) и газобетона (газомагнезита) на основе магнезиальных вяжущих

Стекломагниевая черепица, пено- и газомагнезит являются новыми строительными материалами. Импорт данных материалов в Российскую Федерацию незначителен, отечественных производителей нет. О начале производства данных материалов в Российской Федерации с 2009 по 2015 год заявило 2 компании: потенциальный объем потребления хлорида магния составит не менее 1000 т/год на первом этапе реализации проектов.

1.7.2.5 Противогололедный реагент

Хлорид магния применяется для удаления льда на шоссе, дорогах, тротуарах, взлетных полосах в аэропортах. В качестве противогололедного реагента применяют технический чешуированный хлористый магний по ТУ 2152-001-53561075—02 и ГОСТ 7759, комбинированные продукты на его основе и соответствующие иностранные аналоги.

Потребление хлорида магния в качестве противогололедного средства носит явно выраженный сезонный характер.

По итогам зимнего сезона 2007–2008 годов объем потребления химических противогололедных материалов в России (без учета Москвы) составил около 8000 т.

По итогам зимнего сезона 2008–2009 годов объем потребления химических противогололедных материалов в России (без учета Москвы) составил около 12 000 т.

В зимний сезон 2012–2013 годов объем потребления химических противогололедных материалов в России на коммерческом рынке (без учета Москвы и потребления муниципалитетов крупных городов) составил около 30 тыс. т.

В зимний сезон 2013–2014 годов эта цифра составила уже более 40 тыс. т.

В 2014–2015 годах прогнозируется увеличение потребления как минимум на 10 %.

Исходя из этого потенциальный объем потребления хлорида магния в сегменте противогололедных материалов составляет не менее 40 000 т/год.

1.7.2.6 Применение в качестве добавки, предотвращающей смерзание грузов и для подавления пыли

Хлорид магния применяется для:

- подавления пыли на промышленных объектах (шахты, карьеры и т. д.);
- обработки пылящих и смерзающихся грузов перед их хранением, транспортированием;
- подавления пыли на грунтовых дорогах (стабилизация почвы).

В качестве пылеподавителя может применяться технический чешуированный хлористый магний (по ТУ 2152-001-53561075—02, [13]).

В настоящее время в Российской Федерации хлорид магния в качестве пылеподавителя практически не применяется. В начале 1990-х годов раствор бишофита применялся для подавления пыли при добыче угля марки «К» на ряде шахт. В настоящее время в связи с кризисом угольной отрасли твердый хлорид магния или раствор бишофита не применяется.

Для обработки пылящих грузов хлорид магния в настоящее время практически не используется. Для данной обработки обычно используются щелочные сточные воды близлежащих химических предприятий.

Для подавления пыли и стабилизации почвы на грунтовых дорогах хлорид магния в настоящее время практически не применяется.

В случае принятия на государственном или на местном уровне программы по укреплению грунтовых дорог данная сфера применения бишофита и твердого хлорида магния может стать очень перспективной.

Хлорид магния является идеальным реагентом против смерзания сыпучих (насыпных) грузов, наиболее часто его применяют при перевозке угля и железорудных концентратов в зимний период. Потенциал применения хлорида магния в данной сфере оценивается в 15 тыс. т/год. По итогам 2013 года зафиксировано использование в данной сфере около 9,6 тыс. т хлорида магния. В 2014 году объемы потребления составили 10,6 тыс. т/год. В 2015 году произошло незначительное снижение потребления хлорида магния в данной сфере (до 10 тыс. т/год).

1.7.2.7 Текстильная промышленность

В текстильной промышленности хлорид магния применяют в основном в качестве катализатора глиоксальных смол, используемых в пресс-аппретурах, а также в качестве стабилизатора в окраске ковров.

В настоящее время хлорид магния в текстильной промышленности применяется незначительно (около 100 т/год).

1.7.2.8 Производство удобрении и кормов для животных

В Западной Европе большое применение находит раствор хлорида магния (30 % — 35 % $MgCl_2$) в качестве добавки в корма для животных и удобрения. В Российской Федерации в качестве добавок в корма для животных в основном применяются оксид и гидроксид магния. Кроме того, проводились исследования по применению раствора бишофита в качестве добавки в корма для животных (в основном откорм молодых бычков и для дойных коров), которые дали положительные результаты. Были разработаны рационы кормления с добавками бишофита и нормы внесения бишофита в качестве удобрения при выращивании кормовых культур.

Применение раствора бишофита в качестве удобрения и добавки в корма для животных не получило широкого распространения в Российской Федерации в связи с развитым использованием традиционных добавок.

1.7.2.9 Очистка сточных вод

Хлорид магния (твердый и раствор бишофита) применяется в качестве коагулянта при очистке промышленных сточных вод при производстве полистирола и очистке промышленных растворов от фтора. В качестве коагулянта применяют технический чешуированный хлористый магний (ТУ 2152-001-53561075—02, [13]) и раствор бишофита.

Объем потребления чешуированного хлорида магния в данной сфере составляет около 120 т/год.

Хлорид магния в качестве коагулянта используют предприятия, производящие полистирол методом суспензионной полимеризации (Ангарск). При производстве полистирола методом блочной полимеризации (ОАО «Нижнекамскнефтехим») хлорид магния не применяется. В планах ОАО «Нижнекамскнефтехим» организация производства полистирола суспензионным методом. В случае реализации данного проекта объем потребления хлористого магния составит около 600 т/год.

Из рисков для данной отрасли применения хлорида магния можно выделить возможность перехода предприятий, производящих полистирол, на технологию очистки стоков без применения хлорида магния (ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» — сепарация сточных вод с последующим сжиганием суспензии сольвара).

ОАО «Гидрометаллург» использует раствор бишофита для очистки производственных растворов от фтора, переход на использование твердого хлорида магния на предприятии не планируется.

Потенциальный объем потребления хлорида магния данной отраслью составляет около 720 т/год.

1.7.2.10 Химический реактив

Хлорид магния применяется в качестве химического реактива, при проведении лабораторных анализов в пищевой и медицинской отраслях. В качестве химического реактива применяют хлорид магния по ГОСТ 4209 (марок «Ч» и «ЧДА») ([14]) и его иностранные аналоги.

В Российской Федерации хлорид магния, применяемый качестве химического реактива, имеют возможность производить ряд предприятий, специализирующихся на производстве хим. реактивов:

- ООО «Унихим» (г. Санкт-Петербург);
- ОАО «Востоквит» (г. Бийск);
- ООО ПП «Комплекс» (г. Уфа).

Производство осуществляется только на заказ по качественным показателям заказчика.

Общий объем рынка хлорида магния в качестве химического реактива составляет примерно 20–30 т/год.

1.7.2.11 Медицина

Твердый хлорид магния в медицине применяется для приготовления гемодиализных растворов (растворы для промывки почек и аппарата «искусственная почка»). В Российской Федерации хлорид магния данного качества не производится. Импортируемый хлорид магния соответствует требованиям Ph Eur IV 2002 (Европейская фармакопея и Немецкая книга лекарств).

По своим качественным характеристикам технический хлористый магний (ТУ 2152-001-53561075—02, [13]) не может использоваться в медицинской промышленности. Возможно применение хлорида магния технического в качестве сырья для производства медицинского хлорида магния. В настоящее время в Российской Федерации производство медицинского хлорида магния отсутствует.

1.7.2.12 Обработка древесины

Раствор хлорида магния (бишофит) используется для пропитки древесины для придания ей огнебиозащитных свойств. Основные предприятия в данном сегменте — ОАО ПКФ «Стройдеталь» (г. Ульяновск) и ООО «Нефтегаз-Сталь-ЭНВК» (г. Волгоград) — производитель огнезащитного и противогрибкового средства для пропитки древесины «Бишанти». Суммарный объем потребления хлорида магния в этом сегменте составляет около 100 т/год.

1.7.2.13 Производство абразивных материалов (жерноточильные круги)

По состоянию на 2014 год существует только одно предприятие — ООО «Интекс-абразив» (г. Новосибирск), с суммарным объемом потребления хлорида магния около 300 т/год. В 2015 году показатели 2014 года превышены на 83 %. Уровень потребления хлорида магния в 2015 году составил 550 т.

1.7.2.14 Нефте- и газодобывающая отрасли

Хлорид магний в нефтедобыче используется в качестве компонента в специальных буровых растворах, применяемых для ремонта и консервации нефтяных и газовых скважин. В данной сфере применения нет принципиальных различий в использовании твердого хлорида магния и раствора бишофита. Применение твердого или жидкого хлорида магния обусловлено только разницей в цене продуктов, цене транспортировки и преимуществами твердого в доставке до конкретной скважины. Объем потребления

твердого хлорида магния при получении буровых растворов составляет около 200 т/год.

Кроме того, хлорид магния применяется в качестве основного компонента в магнезиальных тампонажных растворах, применяемых при строительстве нефтяных и газовых скважин. Широкое применение магнезиальных тампонажных растворов в Российской Федерации связано с геологическим строением нефтеносных пластов. Потенциал применения хлорида магния в данной сфере оценивается в 15 тыс. т/год. В 2010 году в данной сфере было использовано около 3 тыс. т. В 2013 году объем продаж хлорида магния для тампонажных растворов составил почти 4 тыс. т. В 2014 году итоговое потребление хлорида магния данной сферой составило 6,6 тыс. т/год. В 2015 году объем потребления хлорида магния данной сферой достиг рекордной отметки в 11,2 тыс. т/год, что превышает показатель потребления в 2014 году на 70 %.

1.7.2.15 Производство синтетических каучуков и тиокола

Производство синтетических каучуков и тиокола с использованием твердого хлорида магния осуществляется на ОАО «Красноярский завод СК» и ОАО «Казанский завод СК». Суммарный объем потребления твердого хлорида магния в 2014 году составил 1500 т/год. По итогам 2015 года незначительное снижение (до 1350 т).

Потенциальный объем потребления хлорида магния — около 2,5 тыс. т/год.

1.7.2.16 Производство магнийсодержащих соединений

ООО «Химтек Инжиниринг» (г. Челябинск) с 2009 года планировало организацию промышленного производства полидисперсного гидроксида магния на основе твердого хлористого магния. Потенциальный объем потребления хлорида магния — около 1 тыс. т/год.

В 2010 году в связи с недостатком магнийсодержащего природного сырья (магнезита) о возможности применения хлорида магния в качестве сырья для производства магнийсодержащих веществ заявила компания ОАО «Михайловский завод химреактивов» с потенциалом потребления 3 тыс. т/год. В 2014 году потребление данной отрасли составило 700 т. По итогам 2015 года произошло снижение уровня потребления в данной сфере до уровня 500 т.

1.8 Производство хлорида магния в Российской Федерации

Основное производство хлорида магния осуществлялось в Российской Федерации главным образом на предприятиях, имеющих и разрабатывающих собственные месторождения бишофита либо расположенных в непосредственной близости к таким месторождениям. Ниже приведены сведения об основных действующих и планируемых производствах хлорида магния.

ЗАО «Бишофит Авангард» (р. п. Светлый Яр, Волгоградская обл.) производило чешуированный технический хлористый магний под торговой маркой «ХММ-Биомаг» по ТУ 2152-001-53561075—02. В качестве исходного сырья использовался раствор бишофита Светлоярского месторождения (п. Нариман). Производственные мощности позволяли производить до 10 т чешуированного хлорида магния в сутки, при 20 рабочих днях в месяце объем производства составлял около 200 т/мес.

В конце 2008 года в связи с прекращением инвестирования в рамках проекта по организации производства твердого хлорида магния с мощностью 100 тыс. т/год работы по проекту были свернуты, а имеющееся оборудование — сведено в единую технологическую цепочку с основным действующим производством, в связи с чем с 2009 года производственная мощность была увеличена до 6000 т/год.

По итогам 2004 года выпуск чешуированного хлорида магния составил 936 т. Начиная с 2005 года достоверной информации об объемах продаж нет. Оценочно объем продаж составлял: в 2005 году — 1200 т, в 2006 году — около 2000 т, в 2007 году — около 1200 т, в 2008 году — около 2500 т, в 2009 году — 2600 т, в 2010 году — 2700 т, в 2011 году — 2800 т, в 2012 году — 3586 т, в 2013 году — 2713 т. За 6 месяцев 2014 года производство составило около 1 тыс. т, в II квартале 2014 года предприятие, не выдержав конкуренции, прекратило выпуск хлорида магния, о возобновлении производства по состоянию на 2016 год не сообщается.

ООО «Волгоградский магниевый завод» (р. п. Городище, Городищенский район, Волгоградская обл.) в 2007 году начало добычу природного раствора хлорида магния (бишофита) по ТУ 2152-001-46014250—2011 на территории лицензионного участка в р. п. Городище. Активная добыча бишофита в промышленных масштабах началась с 2011 года, и по состоянию на конец 2015 года объем добычи рассола бишофита оценивается на уровне 3,0–3,5 тыс. т/год. Проектная мощность рассолопромысла составляет 350 тыс. $м^3$ раствора бишофита.

В 2011 году было объявлено о начале строительства производства твердого хлорида магния мощностью 177,2 тыс. т/год. По состоянию на конец 2014 года проект

по строительству твердого хлорида магния прошел экологическую экспертизу и общественные слушания. Мощности по проекту составили:

- установка по производству кристаллического хлорида магния — 5 тыс. т/год;

- установка по производству жидкой продукции — 5 тыс. $м^3$/год.

По состоянию на 1 января 2016 г. о начале активного строительства производства кристаллического бишофита не сообщалось.

ООО «Унихим» (г. Санкт-Петербург) имеет возможность производства хлористого магния по ГОСТ 4209 категории «Ч» и «ЧДА» для использования в медицинских целях и в качестве химического реактива. В качестве сырья используются чистый оксид магния и соляная кислота. Производство осуществляется только при наличии предварительных заказов. Объем производства незначительный. В связи с острой конкуренцией с импортным хлористым магнием производство остановлено, и в ближайшее время нет планов по его возобновлению.

ЗАО «НикоМаг» (г. Волгоград) имеет две технологические нитки по производству хлорида магния технического (бишофита) мощностью по 30 тыс. т/год каждая. Производство осуществляется методом упаривания исходного водного раствора хлорида магния в выпарном аппарате с погружной горелкой (АПГ) до получения расплава бишофита с последующей кристаллизацией и дроблением или гранулированием.

Товарный хлорид магния производится по ТУ 2152-002-93524115—2010 в двух формах: гранулированной и чешуированной. Массовая доля основного вещества — бишофита — в этом продукте составляет не менее 97,0 %.

Наряду с указанным техническим продуктом предприятие производит продукт «Добавка пищевая хлорид магния Е511» по ТУ 9199-003-93524115—2011. Массовая доля основного вещества ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) в этом продукте находится в пределах 99 % — 105 %.

Потенциал применения хлорида магния в Российской Федерации почти в 3 раза превышает текущий объем потребления. Объемы потребления хлорида магния в Российской Федерации в течение последних 5 лет постоянно возрастают. Если в 2007 году рынок оценивался в 5,5 тыс. т, в 2010 году — 13,3 тыс. т, то по итогам 2012 года объем рынка составил 25,8 тыс. т. Таким образом, средний рост потребления за период 2007–2012 годов составил около 70 % в год, с последующей коррекцией в 2013 году и ростом в 2015 году.

С учетом существующего потенциала рост применения хлорида магния в ближайшие 5 лет будет не менее 15 % — 20 % в год при условии увеличения производственных мощностей отечественных производителей.

В 2015 году ЗАО «НикоМаг» (г. Волгоград) стало основным производителем твердого хлорида магния (бишофита) в Российской Федерации, с учетом доли импорта менее 1 %.

1.9 Основные факторы, характеризующие охрану окружающей среды и устойчивое развитие производства хлорида магния

Основными факторами, характеризующими охрану окружающей среды при производстве хлорида магния методом выпаривания растворов бишофита, являются:

- удельное потребление энергоресурсов, включая природный газ;
- удельные выбросы загрязняющих веществ, содержащихся в дымовых газах;
- наличие и эффективность утилизации (использования) отходов производства, содержащих хлорид магния, в том числе в других отраслях экономики;
- контроль загрязнения атмосферного воздуха (хлорид водорода, дымовые газы).

Основными факторами, характеризующими устойчивое развитие производства хлорида магния, являются:

- наличие и близость расположения месторождений высококачественного бишофита с целью обеспечения производства сырьем и сохранения запасов в течение 40–50 лет;
- обеспеченность производства природным газом.

Раздел 2. Описание технологических процессов, используемых в настоящее время в рассматриваемой отрасли промышленности

2.1 Описание технологических процессов, используемых в настоящее время при производстве оксида магния

При производстве магнезии различных марок (CCM, DBM, FM) наиболее важными сырьевыми материалами являются:

- магнезит (карбонат магния, $MgCO_3$) для «сухого» способа производства реакцией декарбонизации;
- брусит (гидроксид магния, $Mg(OH)_2$) для «сухого» способа производства реакцией дегидратации (обжигом);

- бишофит (гексагидрат хлорида магния) для «мокрого» способа производства с предварительным получением гидроксида магния и его последующей дегидратацией (обжигом).

Основными видами топлива, используемыми при производстве оксида магния, являются природный газ и нефтяной кокс или тяжелый топливный мазут.

В настоящем справочнике НДТ рассматриваются два основных способа производства оксида магния, реализованные в промышленном масштабе в Российской Федерации:

- «сухой» способ производства из магнезита (далее — «сухой» способ);

- «мокрый» способ производства из бишофита и раствора гидроксида натрия (щелочи) (далее — «мокрый» способ).

2.1.1 Описание технологических процессов, используемых при производстве оксида магния «сухим» способом

В настоящем подразделе рассматриваются технологические процессы, основное и природоохранное оборудование производства оксида магния «сухим» способом.

Технология производства оксида магния «сухим» способом заключается в одновременной или последовательной реализации следующих технологических стадий, состав которых определяется видом (маркой) целевого продукта — магнезии:

- прием, хранение и подготовка (дробление) исходного магнезита;

- прием, подготовка хранение используемого топлива;

- обжиг (разложение) магнезита во вращающейся или многоподовой печи;

- измельчение (помол) и брикетирование каустической магнезии (при получении мертво спеченной магнезии);

- обжиг (спекание) каустической магнезии в шахтной печи (при получении мертво спеченной магнезии);

- плавление оксида магния в электродуговых печах (при получении периклаза);

- охлаждение магнезии (клинкера) или кристаллизация плавленого периклаза;

- дробление (измельчение) и рассев спеченной или мертво обожженной магнезии, или периклаза;

- фасовка, хранение (складирование) и отгрузка готового продукта.

Общая схема описания технологического процесса получения магнезии различных марок «сухим» способом представлена ниже на рисунке 1.

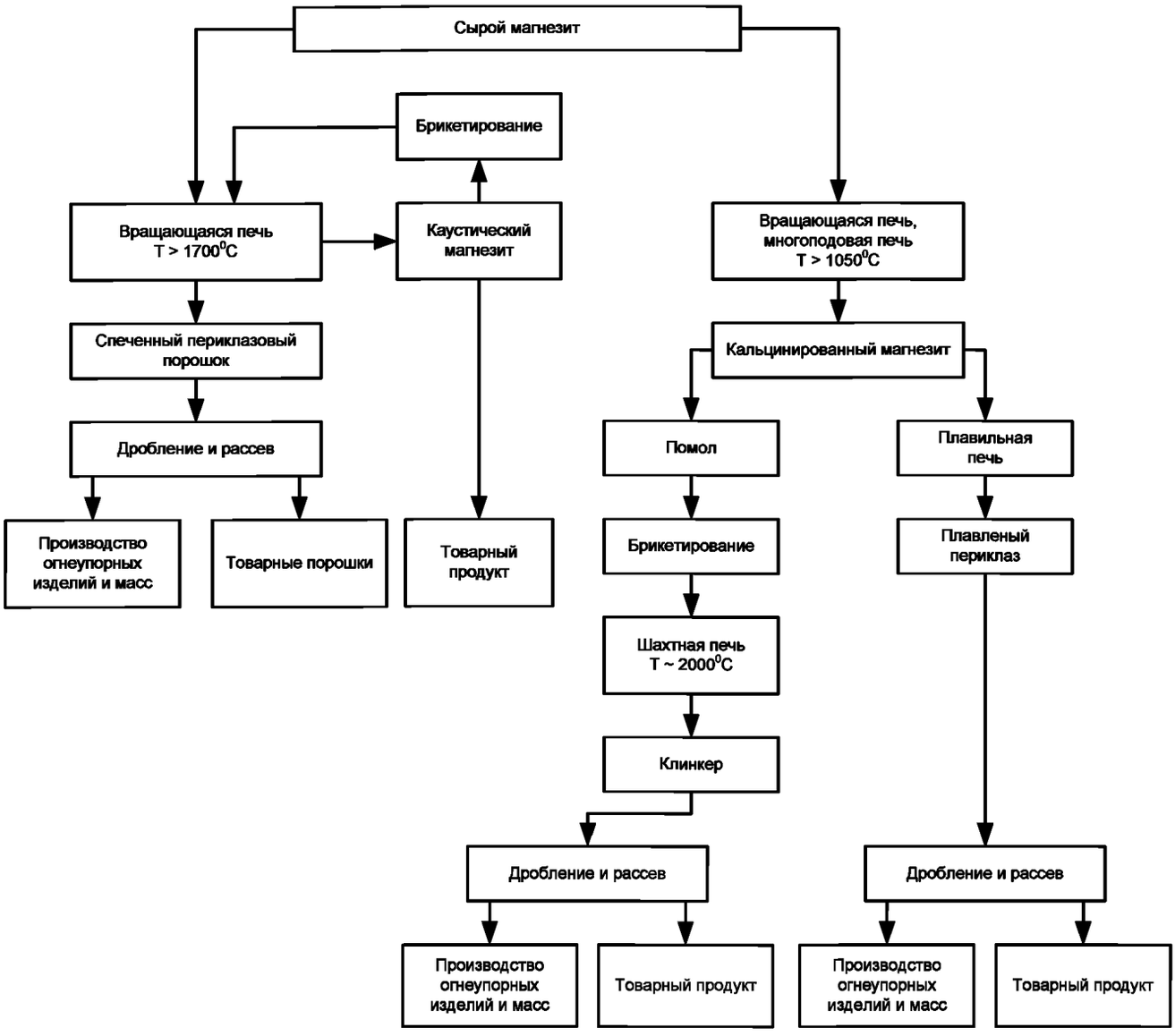

Рисунок 1 — Общая схема описания процесса получения магнезии «сухим» способом

Основное технологическое оборудование, используемое при производстве оксида магния различных марок «сухим» способом, приведено в таблице 17.

Таблица 17 — Основное технологическое оборудование производства оксида магния «сухим» способом

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики
Дробилка магнезита	Дробление карбонатной породы (магнезита)	

Окончание таблицы 17

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики
Мельница	Измельчение карбонатной породы (магнезита)	
Ленточный транспортер	Транспортирование карбоната магния (магнезита)	Производительность — 10–100 $м^3$/ч
Шахтная печь	Получение жженой и мертво спеченной магнезии	Температура — 1800 °С — 2000 °С
Вращающаяся печь	Получение жженой и мертво спеченной магнезии	Температура — 1050 °С — 1800 °С
Многоподовая печь с перемешивающим устройством и горелками	Получение жженой и мертво спеченной магнезии	От 8 до 18 подов; температура — 150 °С — 1200 °С
Электродуговая печь	Получение плавленого периклаза	Температура — 2000 °С — 2200 °С
Охладитель (холодильник)	Охлаждение жженой и мертво спеченной магнезии	Температура — 150 °С — 400 °С
Установка фасовки и паллетирования мешков	Фасовка оксида магния в мешки и паллетирование	Комплектная установка
Установка фасовки в контейнеры	Фасовка оксида магния в мягкие контейнеры	Комплектная установка

2.1.1.1 Общее описание процесса добычи и подготовки сырья

Магнезит добывают в открытых карьерах и/или в подземных шахтах, где при добыче происходят первоначальное снижение размера кусков и первичная обработка. Добытое магнезитовое сырье в зависимости от его химического состава складируется на перегрузочных пунктах раздельно по сортам (маркам), а затем крупнокусковой магнезит поступает на дробильно-обогатительную фабрику, где происходит его первичное, среднее и мелкое дробление на щековых и конусных дробилках. Для подготовки магнезита используют стандартное оборудование для дробления, измельчения и классификации. В зависимости от природы минерала — твердости, размера его кусков — используют различное оборудование для первичного и вторичного измельчения (дробле-

ния). При этом размер кусков магнезита не должен быть слишком мал, в то же время крайне желательно образование минимального количества мелочи (пыли).

Для подготовки магнезита и удаления примесей (доломита, диабаза) иногда используют обогащение в тяжелых суспензиях. С целью удаления нежелательных примесей магнезит часто промывают водой. Кроме того, с применением магнитного сепаратора осуществляют непрерывную магнитную сепарацию для удаления примесей железа. Обработанный магнезит, измельченный до необходимого фракционного состава, подается на обжиг.

Общая схема описания технологического процесса обработки и подготовки магнезита представлена на рисунке 2.

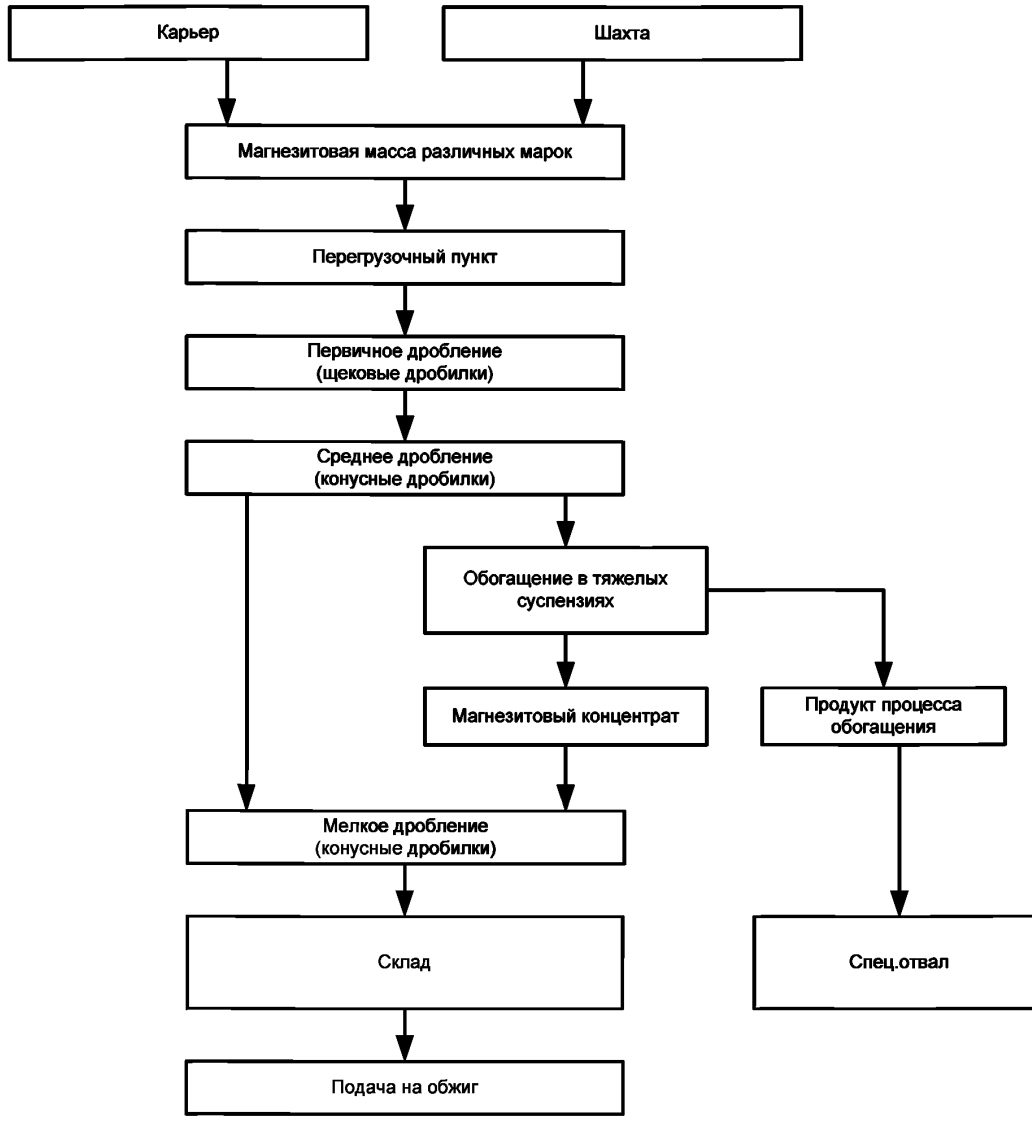

Рисунок 2 — Общая схема описания технологического процесса подготовки магнезита

В настоящем справочнике НДТ процесс добычи и подготовки магнезитового сырья более подробно не рассматривается.

2.1.1.2 Прием, подготовка, хранение топлива

В производстве оксида магния, как правило, используют три основных вида топлива:

- природный газ;

- нефтяной кокс;

- тяжелый топливный мазут.

Однако в зависимости от доступности и экономической целесообразности используют также и другие виды топлива: антрацит или уголь. С целью обеспечения в производственном процессе большего количества тепловой энергии и достижения более высоких температур в некоторых случаях в процесс добавляют другие горючие вещества. В Российской Федерации основным видом топлива, используемым при производстве оксида магния (магнезии) «сухим» способом, является природный газ.

В процессе обжига для поддержания эффективного горения обычно используют воздух в необходимом избытке. Если же для процесса спекания или мертвого обжига требуются высокие температуры, воздух для горения обогащают техническим кислородом.

2.1.1.3 Описание процесса получения спеченной и мертво обожженной магнезии

Оксид магния (магнезию) получают путем обжига (декарбонизации) обработанного и подготовленного магнезита в многоподовой, шахтной или вращающейся печи спекания. Процесс обжига магнезита описывается следующей химической реакцией:

$$MgCO_3 = MgO + CO_2 - 77{,}49 \text{ кДж/моль}$$

Эта эндотермическая реакция требует высокой температуры обжига и очень интенсивного поступления энергии. Удельный расход энергии весьма высок и составляет $\Delta H = + 113$ кДж/кг MgO. Процесс декарбонизации протекает при 550 °С — 800 °С, магнезит разлагается и выделяется диоксид углерода. В результате получается обожженная каустическая магнезия. На следующей стадии производства ССМ подвергается дальнейшему обжигу в одну или две стадии при температурах 1600 °С — 2200 °С до получения мертво обожженной магнезии. Температура процесса и продолжительность тепловой обработки являются ключевыми факторами, влияющими на качество продукта, который должен быть хорошо закристаллизован и иметь высокую плотность. В ходе этого процесса спекания тригональная кристаллическая форма магнезита превращается в кубическую форму магнезии, в результате чего достигается высокая плотность продукта.

2.1.1.3.1 Описание процессов обжига (кальцинации, спекания)

2.1.1.3.1.1 Процесс прямого обжига (одностадийный обжиг)

Исходный подготовленный магнезит обжигают с получением спеченной или мертво обожженной магнезии в одну стадию в шахтной или вращающейся печи спекания (обжига). Преимуществом такого процесса является меньший расход энергии по сравнению с процессом двухстадийного обжига. Однако качество продукта обжига зависит от свойств исходного сырья и не может варьироваться путем добавок диоксида циркония и оксида хрома.

Одностадийный процесс обжига обычно осуществляют с использованием исходного магнезита подходящего качества или смеси магнезитов нескольких классов, отличающихся по составу и качеству.

Полученную сырьевую смесь обжигают в шахтной или вращающейся печи спекания (обжига) при температурах 1450 °С — 2200 °С. Продуктом обжига является так называемая промежуточная магнезия.

Для получения каустической (кальцинированной) магнезии сырой магнезит подается на обжиг во вращающуюся и/или многоподовую печь, где при температуре около 1050 °С происходит декарбонизация (разложение) магнезита. В результате получают активные порошки магнезии с большой удельной поверхностью. Полученная каустическая магнезия затем направляется на производство мертво спеченной (плотно спеченной) магнезии или периклазовых клинкеров, а также на получение плавленых материалов (периклаз, алюмомагниевая шпинель). Полученная каустическая магнезия может быть использована в качестве самостоятельного продукта с широкой областью применения.

2.1.1.3.1.2 Обжиг с получением мертво (плотно) спеченной магнезии

Сырой магнезит подается во вращающиеся печи 90 × 3,5 м и 170 × 4,5 м, где при температуре свыше 1700 °С происходит его обжиг. После обжига мертво спеченный оксид магния поступает на охлаждение в зону охлаждения печи — холодильник, а затем подается на дробление и классификацию. В зависимости от химического и зернового состава получаемая мертво спеченная магнезия подразделяется на марки, предназначенные для:

- получения периклазовых порошков для производства огнеупорных изделий и масс различного назначения;

- получения периклазовых порошков, использующихся в сталеплавильном производстве: заправочные порошки для ремонта и заправок подин и откосов электросталеплавильных печей, конвертеров, заправочных масс, бетонных масс, смесей, мертелей, набивочных масс и др.

В процессе обжига магнезита во вращающихся печах образуется значительный унос пыли, которую улавливают в циклонах и электрофильтрах. Уловленную пыль используют как каустическую магнезию в промышленности строительных материалов, а также перерабатывают через брикетирование и обжиг во вращающейся печи на периклазовый порошок.

2.1.1.3.1.3 Обжиг с получением плотно спеченного периклазного клинкера

Для получения плотно спеченного периклазового клинкера кальцинированный магнезит подвергается тонкому помолу. Это необходимо для получения высокой плотности периклазового клинкера. После помола материал брикетируется на валковых прессах и подается на обжиг в высокотемпературные шахтные печи, где при температуре около 2000 °С происходит его спекание. Полученный периклазовый клинкер подвергается измельчению и рассеву и направляется на производство огнеупорных изделий.

2.1.1.3.1.4 Плавление с получением плавленого периклаза

Плавленый периклаз получают путем плавления каустического магнезита в открытых электродуговых печах способом «на блок». Плавление периклаза происходит под электродами, у стенок печи образуется спекшаяся масса. В процессе плавки происходит миграция примесей (оксидов кальция, кремния, железа, алюминия) в боковые части блока, благодаря чему центральная часть блока обогащается оксидом магния. После плавления периклазовые блоки направляются на охлаждение, а затем подвергают разделке и измельчению до необходимых фракций. В зависимости от химического состава плавленый периклаз подразделяется на марки. Полученные материалы используются для производства формованной и неформованной продукции, а также для отгрузки потребителю.

2.1.1.4 Дробление и измельчение

После обжига спеченную или мертво обожженную магнезию обычно измельчают в мельницах до необходимой дисперсности и направляют на магнитную сепарацию. Для измельчения используют различные виды оборудования: шаровые и/или валковые

мельницы, вибромельницы, валковые прессы высокого давления. Для изготовления брикетов используют двухстадийную термическую обработку.

2.1.1.5 Сведения об используемом природоохранном оборудовании

В таблице 18 представлено природоохранное оборудование, предназначенное для очистки промышленных выбросов производства от загрязняющих веществ.

Таблица 18 — Природоохранное оборудование, используемое при производстве оксида магния

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики
Электрофильтр (электростатический осадитель)	Очистка выбросов от пыли оксида магния	Температура — до 300 °С — 500 °С; площадь поверхности — до 6000 м^2
Фильтр рукавный	Очистка выбросов от пыли оксида магния	Температура — не более 250 °С
Фильтр кассетный силосный	Очистка выбросов от пыли оксида магния	Площадь фильтрования — 30–300 м^2

2.1.2 Описание технологических процессов, используемых при производстве оксида магния «мокрым» способом

В настоящем подразделе рассматриваются технологические процессы, основное и природоохранное оборудование производства оксида магния «мокрым» способом.

Технология производства оксида магния «мокрым» способом заключается в одновременной или последовательной реализации следующих технологических стадий:

- прием, хранение и подготовка (очистка) исходного раствора бишофита;
- прием, хранение, фильтрация и разбавление исходного раствора гидроксида натрия;
- синтез и сгущение суспензии гидроксида магния;
- фильтрация и промывка гидроксида магния на фильтр-прессе;
- репульпация гидроксида магния;
- фильтрация репульпированной суспензии гидроксида магния;
- обжиг (кальцинация) гидроксида магния;
- охлаждение оксида магния;
- фасовка, хранение (складирование) и отгрузка готового продукта.

Процесс производства оксида магния «мокрым» способом представляет собой последовательное проведение двух химических реакций:

1) слабо экзотермической реакции взаимодействия раствора хлорида магния с раствором гидроксида натрия в соответствии со следующим уравнением реакции:

$$MgCl_2 + 2NaOH = Mg(OH)_2 + 2NaCl + 3,0 \text{ кДж/моль};$$

2) умеренно эндотермической реакции дегидратации гидроксида магния с получением оксида магния в соответствии со следующим уравнением реакции:

$$Mg(OH)_2 = MgO + H_2O - 81,6 \text{ кДж/моль}.$$

Основное технологическое оборудование, используемое при производстве оксида магния «мокрым» способом, приведено в таблице 19.

Таблица 19 — Основное технологическое оборудование, используемое при производстве оксида магния «мокрым» способом

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики
Сборники (емкости) хранения бишофита	Хранение раствора бишофита	Рабочая температура — 10 °С — 40 °С
Сборники (емкости) хранения 46%-ной щелочи	Хранение раствора щелочи	Рабочая температура — 20 °С — 40 °С
Сборники (емкости) хранения раствора щелочи	Хранение и разбавление раствора щелочи	Рабочая температура — 20 °С — 80 °С
Реакторы синтеза	Синтез гидроксида магния	Рабочая температура — 20 °С — 60 °С
Сгуститель радиальный с вращающимся скребковым механизмом	Сгущение суспензии гидроксида магния	Рабочая температура — 20 °С — 40 °С
Сборники суспензии гидроксида магния	Сбор и хранение суспензии гидроксида магния	Рабочая температура — 20 °С — 40 °С
Фильтр-прессы мембранные	Фильтрация и промывка гидроксида магния	Площадь фильтрации — 600–900 м^2
Ленточный транспортер	Транспортирование кека гидроксида магния	Скорость движения ленты — 0,1 м/с
Репульпаторы с эффективной мешалкой	Репульпация (отмывка) гидроксида магния от хлоридов	Рабочая температура — 20 °С — 40 °С

Окончание таблицы 19

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики
Конвейер ленточный	Транспортирование кека гидроксида магния	Производительность — 10 м^3/ч
Многоподовая печь с перемешивающим устройством и горелками	Обжиг (кальцинация) гидроксида магния при 700 °С — 1150 °С	От 8 до 18 подов; температура — 150 °С — 1150 °С
Охладитель оксида магния	Охлаждение оксида магния	
Установка фасовки и паллетирования мешков	Фасовка оксида магния в мешки и паллетирование	Комплектная установка
Установка фасовки в контейнеры	Фасовка оксида магния в мягкие контейнеры	Комплектная установка

2.1.2.1 Общее описание процесса приема, хранения и подготовки сырья

Подготовка исходного раствора бишофита, как правило, предусматривает фильтрацию раствора от механических примесей. Кроме того, подготовка раствора бишофита может включать предварительную очистку от примеси сульфатов магния и натрия с целью получения более качественного и чистого исходного сырья. Исходный раствор бишофита поступает в производство по трубопроводу или в автоцистернах от предприятия-поставщика.

Подготовка исходного раствора гидроксида натрия, как правило, предусматривает прием исходного концентрированного раствора гидроксида натрия с массовой долей NaOH до 47,0 %, его фильтрацию от механических примесей и последующее разбавление обессоленной водой, конденсатом или промывной водой (со стадии промывки гидроксида магния) до получения раствора необходимой концентрации (до 17 мас. % NaOH). Кроме того, для использования на стадии репульпации гидроксида магния в отдельном емкостном оборудовании из более концентрированного раствора щелочи получают разбавленный раствор гидроксида натрия с массовой долей NaOH не менее 0,01 %.

Исходный раствор щелочи поступает в производство по трубопроводу, или в железнодорожных цистернах, или автоцистернах от предприятия-поставщика.

Обессоленная вода или конденсат поступают в емкости — сборники производства оксида магния по трубопроводу от предприятия-поставщика или от собственного производства.

Для хранения исходных растворов бишофита, концентрированной и разбавленной щелочи используется обычное емкостное оборудование.

Данная стадия характеризуется низким удельным расходом тепловой энергии и электроэнергии, необходимой для работы мешалок и наносного оборудования, а также весьма низким уровнем эмиссии в атмосферный воздух. Сточные воды и производственные потери на данной стадии отсутствуют.

2.1.2.2 Подготовка, хранение топлива

При производстве оксида магния «мокрым» способом не требуется какая-либо специальная подготовка или хранение топлива — природного газа, который поставляется в производство по газопроводу, при необходимости редуцируется при помощи шкафного газорегуляторного пункта и подается в систему газовых горелок многоподовой печи стадии обжига (кальцинации) гидроксида магния.

Данная стадия характеризуется минимальным расходом электроэнергии, а также отсутствием эмиссии в атмосферный воздух, отсутствием сточных вод и производственных потерь.

2.1.2.3 Синтез и сгущение суспензии гидроксида магния

Синтез суспензии гидроксида магния осуществляется, как правило, в непрерывном режиме с использованием нескольких реакторов, снабженных перемешивающими устройствами, при температуре реакционной среды в пределах 40 °С — 60 °С. Протекающая реакция обмена является слабо экзотермической, в связи с этим предусмотрена дополнительная подача пара в реакторы синтеза под слой жидкости для поддержания температуры в заданном диапазоне. Продолжительность синтеза суспензии гидроксида магния при температуре 40 °С — 60 °С обычно составляет не менее 1 ч.

Полученная суспензия с массовой долей гидроксида магния в пределах 4,5 % — 5,0 % из реактора синтеза направляется в сгуститель-отстойник для сгущения (осаждения) под действием силы тяжести. Сгущенная суспензия гидроксида магния из нижней части сгустителя направляется на стадию фильтрации и промывки. Верхний осветленный слой, представляющий собой раствор хлорида натрия с массовой долей NaCl до 10,5 %, направляется в сборник водно-солевого раствора.

Данная стадия характеризуется умеренным удельным расходом тепловой энергии в виде пара, необходимым для поддержания заданной температуры синтеза, умеренным удельным расходом электроэнергии для работы мешалок и наносного оборудования, а также весьма низким уровнем эмиссии в атмосферный воздух и отсутствием производственных потерь. Рассматриваемая стадия характеризуется также самым большим вкладом в образование сточных вод производства, при этом основным направлением утилизации образующихся сточных вод, представляющих собой водный раствор хлорида натрия с массовой долей NaCl до 10,5 %, является использование этих вод в процессе добычи рассола хлорида натрия методом подземного выщелачивания каменной соли (галита, NaCl).

2.1.2.4 Фильтрация и промывка гидроксида магния на фильтр-прессе

Сгущенная суспензия гидроксида магния фильтруется на фильтр-прессах в периодическом режиме с получением отфильтрованного осадка гидроксида магния (кека) и маточного водно-солевого раствора, который направляется в сборник водно-солевого раствора. Отфильтрованный осадок (кек) промывается непосредственно на фильтр-прессе с использованием промывной воды с низкой концентрацией хлоридов, которая образуется на второй стадии фильтрации и промывки гидроксида магния.

Образующаяся при первой фильтрации промывная вода при высоком значении электрической проводимости (высокой концентрации хлоридов) направляется в сборник сточных вод с целью очистки или дальнейшего использования. При низком значении удельной проводимости образующаяся промывная вода направляется на стадию синтеза гидроксида магния для разбавления исходного раствора концентрированной щелочи на стадии приема и подготовки исходного сырья.

Полученный промытый и повторно отжатый кек гидроксида магния направляется при помощи специального ленточного транспортера на стадию репульпации, при этом на выходе из ленточного транспортера, как правило, устанавливают устройства для разрушения спрессованных пластин (брикетов) кека гидроксида магния.

Данная стадия характеризуется умеренным или низким удельным потреблением электроэнергии и тепловой энергии, низким потреблением оборотной воды, весьма низким уровнем эмиссий в атмосферный воздух и существенной фактической или потенциальной эмиссией со сточными водами в виде маточного водно-солевого раствора и промывных вод стадии фильтрации. Производственные потери на этой стадии, как правило, несущественны и связаны с периодической заменой отработанной фильтровальной ткани фильтр-пресса, содержащей частицы целевого продукта.

2.1.2.5 Репульпация гидроксида магния

Стадия репульпации гидроксида магния осуществляется с целью более полного удаления хлорида натрия из полупродукта — гидроксида магния. Репульпация гидроксида магния проводится при температуре окружающей среды с использованием слабого раствора гидроксида натрия с массовой долей не менее 0,01 % в аппарате с эффективным перемешивающим устройством. Соотношение исходного кека гидроксида магния и разбавленного раствора гидроксида натрия строго контролируется. Общая продолжительность стадии репульпации составляет не более 1 ч.

Суспензия репульпированного гидроксида магния направляется на стадию повторной фильтрации и промывки через промежуточный сборник суспензии.

Данная стадия характеризуется низким удельным потреблением электроэнергии, минимальным уровнем эмиссии в атмосферный воздух и отсутствием каких-либо производственных потерь и сточных вод.

2.1.2.6 Фильтрация репульпированной суспензии гидроксида магния

Репульпированная суспензия гидроксида магния фильтруется на фильтр-прессах в периодическом режиме с получением кека гидроксида магния и разбавленного водно-солевого раствора (фильтрата), который направляется на стадию синтеза гидроксида магния для разбавления исходного раствора концентрированной щелочи на стадии приема и подготовки исходного сырья либо используется при промывке на стадии первой фильтрации. Полученный кек гидроксида магния промывается непосредственно на фильтр-прессе с использованием теплой обессоленной воды (40 °С — 50 °С) до достижения заданной остаточной концентрации хлоридов. Образующаяся при этом промывная вода направляется либо в сборник сточных вод с целью очистки или дальнейшего использования, либо на стадию синтеза гидроксида магния для разбавления исходного раствора концентрированной щелочи на стадии приема и подготовки исходного сырья.

Данная стадия характеризуется умеренным или низким удельным потреблением электроэнергии и тепловой энергии, низким потреблением питьевой воды, основным по вкладу и значительным потреблением обессоленной воды для промывки кека (до 50 $м^3$/т продукта), весьма низким уровнем эмиссии в атмосферный воздух и умеренной фактической или потенциальной эмиссией со сточными водами в виде разбавленного водно-солевого раствора (фильтрата) и промывных вод стадии фильтрации. Производственные потери на этой стадии, как правило, несущественны и связаны с перио-

дической заменой отработанной фильтровальной ткани фильтр-пресса, содержащей частицы целевого продукта.

Полученный промытый кек гидроксида магния направляется при помощи специального коробчатого ленточного транспортера на стадию обжига (кальцинации) гидроксида магния. На выходе из ленточного транспортера, как правило, устанавливают устройства для разрушения спрессованных пластин (брикетов) кека гидроксида магния.

2.1.2.7 Обжиг (кальцинация) гидроксида магния

Обжиг (кальцинация) гидроксида магния с получением оксида магния осуществляется, как правило, в многоподовой печи с общим числом подов от 6 до 18. Процесс обжига полностью автоматизирован и управляется специальной автоматизированной системой. Кек гидроксида магния со стадии фильтрации поступает при помощи транспортера в специальный бункер, откуда при помощи специального шламового насоса подается в многоподовую печь. Многоподовая печь обычно включает в себя следующие узлы и системы:

- головку печи;
- кожух печи с подами, имеющими огнеупорную футеровку;
- центральный вал;
- систему подачи охлаждающего воздуха и воздуха для горения;
- систему газовых горелок;
- систему отвода отходящих газов.

В многоподовой печи за счет сжигания природного газа в избытке воздуха поддерживается температура в пределах 150 °С — 1100 °С, причем воздух, подаваемый на горелки, формируется из двух потоков: из атмосферного воздуха и из горячего воздуха, образующегося при охлаждении центрального вала печи.

Кек гидроксида магния подается сверху на внутренний круг пода № 1 многоподовой печи, с которого он затем поступает на внешний круг ниже расположенного пода № 2. На поде № 3 обжигаемый материал снова подается на внутренний круг. По такому принципу чередования обжигаемый материл движется через многоподовую печь и в конце концов выводится с последнего пода печи по разгрузочному желобу на специальный шнековый конвейер. Превращение кека гидроксида магния в оксид магния осуществляется в многоподовой печи в несколько этапов следующим образом:

- на подах № 1 и № 2 происходит сушка влажного гидроксида магния;
- обжиг (кальцинация, дегидратация) гидроксида магния происходит при температурах 700 °С — 1100 °С на средних подах печи;

- образование оксида магния с заданными показателями удельной поверхности и активности происходит при температурах 700 °С — 1100 °С на нижних подах печи;

- предварительное охлаждение оксида магния на последнем нижнем поде печи.

Управление температурой на каждом обогреваемом поде печи осуществляется путем регулирования объемного расхода природного газа и воздуха, подаваемых на горелки.

Время пребывания обжигаемого материала в многоподовой печи определяется частотой вращения центрального вала, количеством крыльев скребков, типом и расположением лопастей скребков, а также свойствами (влажностью, дисперсностью) исходного кека.

С последнего пода печи, на котором происходит предварительное охлаждение, оксид магния с температурой не более 500 °С по разгрузочному желобу выводится на шнековый конвейер системы охлаждения продукта.

Данная стадия характеризуется существенным или умеренным потреблением электроэнергии, основным и значительным потреблением тепловой энергии в виде природного газа, самым высоким уровнем эмиссии загрязняющих веществ в атмосферный воздух с дымовыми газами (CO, NO, NO_2, CH_4, CO_2) и выбросами пыли MgO и отсутствием эмиссии загрязняющих веществ со сточными водами. Производственные потери на этой стадии, как правило, несущественны и связаны с периодической чисткой технологического оборудования от отложений продукта.

Образующиеся на этой стадии промышленные выбросы, содержащие пыль оксида магния и дымовые газы, направляются на систему обеспыливания отходящих газов и рециркуляции пыли (см. 2.1.2.10).

2.1.2.8 Охлаждение оксида магния

Оксид магния, поступающий по шнековому конвейеру из многоподовой печи, направляется в смесительный шнек и далее в специальный охладитель, который охлаждается оборотной водой. В смесительном шнеке происходит смешение горячего оксида магния, поступающего из многоподовой печи, и охлажденного оксида магния, поступающего из бункера охлажденного продукта, с целью охлаждения горячего оксида магния. Полученный в результате смешения частично охлажденный до температуры не более 140 °С — 145 °С оксид магния поступает в специальный охладитель, снабженный роторной спиралью, в котором происходит охлаждение продукта до температуры не более 90 °С.

Охлажденный оксид магния из охладителя при помощи шнекового питателя выгружается в промежуточный бункер, откуда по шнековому конвейеру направляется в приемный бункер системы пневмотранспорта и далее на стадию фасовки, хранения и отгрузки готового продукта.

Данная стадия характеризуется низким уровнем потребления электроэнергии, умеренным уровнем потребления оборотной воды для охлаждения, отсутствием эмиссии загрязняющих веществ со сточными водами, а также относительно низкой эмиссией пыли в атмосферный воздух вследствие применения системы очистки воздуха от пыли оксида магния (см. 2.1.2.10). Производственные потери на этой стадии, как правило, несущественны и связаны с периодической чисткой технологического оборудования от отложений продукта и периодической заменой отработанных рукавных фильтров.

2.1.2.9 Фасовка, хранение (складирование) и отгрузка готового продукта

Готовый охлажденный оксид магния из приемного бункера при помощи специального питателя подается в систему пневмотранспорта, где потоком осушенного технологического воздуха транспортируется в силосы. Затем продукт поступает в специальный бункер, из которого при помощи шнековых питателей поступает на фасовку.

В зависимости от заданного вида упаковки осуществляют либо фасовку продукта в мешки массой по 20 кг с последующим паллетированием, либо фасовку в мягкие контейнеры. Фасованный оксид магния транспортируется на склад готовой продукции при помощи электропогрузчиков. Отгрузка продукта на автотранспорт потребителя также осуществляется электропогрузчиками при помощи погрузочного пандуса.

Воздух от пневмотранспорта поступает из силосов на очистку в кассетные фильтры, после чего при помощи вентиляторов выбрасывается в атмосферу.

Данная стадия характеризуется относительно низким уровнем потребления электроэнергии, потреблением осушенного технологического воздуха для пневмотранспорта, отсутствием эмиссии загрязняющих веществ со сточными водами, а также относительно низкой эмиссией пыли в атмосферный воздух вследствие применения эффективной системы очистки воздуха от пыли оксида магния (см. 2.1.2.10). Производственные потери на этой стадии, как правило, несущественны и связаны с периодической чисткой технологического оборудования от отложений продукта и периодической заменой кассетных или рукавных фильтров.

2.1.2.10 Сведения об используемом природоохранном оборудовании

Отходящие из многоподовой печи промышленные выбросы, содержащие пыль оксида магния и дымовые газы, поступают по газоходу в электрофильтр на очистку от пыли.

На стадии охлаждения оксида магния применяется система очистки горячего воздуха от пыли оксида магния с использованием рукавного фильтра с периодической регенерацией фильтрующих элементов и возвратом продукта в технологический цикл.

На стадии фасовки готового продукта применяется система очистки воздуха от пыли оксида магния с использованием фильтра кассетного силосного, который непосредственно связан с силосом.

В таблице 20 представлено природоохранное оборудование, предназначенное для очистки промышленных выбросов производства от загрязняющих веществ.

Таблица 20 — Природоохранное оборудование производства гидроксида магния

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики
Электрофильтр	Очистка выбросов от пыли оксида магния	Температура — до 300 °С — 400 °С; площадь поверхности — до 2400 м^2
Фильтр рукавный	Очистка выбросов от пыли оксида магния	Температура — не более 200 °С
Фильтр кассетный силосный	Очистка выбросов от пыли оксида магния	Площадь фильтрования — 30 м^2; объемный расход — 40 м^3/ч

Природоохранное оборудование для очистки сточных вод в самом производстве оксида магния практически не используется, поскольку образующиеся сточные воды, содержащие в качестве основного загрязняющего вещества хлорид натрия, как правило, используются при производстве рассола хлорида натрия методом подземного выщелачивания соли. Хозяйственно-бытовые сточные воды, образующиеся в результате деятельности персонала производства, направляются на биологические очистные сооружения организации, осуществляющей водоотведение и очистку сточных вод.

2.2 Описание технологических процессов, используемых в настоящее время при производстве гидроксида магния

В настоящем подразделе рассматриваются технологические процессы, основное и природоохранное оборудование производства гидроксида магния «мокрым» способом.

2.2.1 Описание технологических процессов, используемых в настоящее время при производстве гидроксида магния «мокрым» способом

Технология производства гидроксида магния «мокрым» способом заключается в последовательной реализации следующих технологических стадий:

- прием, хранение и подготовка (очистка) исходного раствора бишофита;
- прием, хранение, фильтрация и разбавление исходного раствора гидроксида натрия;
- синтез суспензии гидроксида магния;
- автоклавирование суспензии гидроксида магния;
- охлаждение суспензии гидроксида магния;
- фильтрование и промывка гидроксида магния на фильтр-прессе;
- сушка и измельчение гидроксида магния с возможной поверхностной обработкой частиц модификаторами;
- фасовка, хранение (складирование) и отгрузка готового продукта.

Процесс производства гидроксида магния «мокрым» способом представляет собой осуществление химической обменной реакции, характеризующейся незначительным экзотермическим эффектом, в соответствии со следующим уравнением:

$$MgCl_2 + 2NaOH = Mg(OH)_2 + 2NaCl + 3{,}0\ кДж/моль$$

Основное технологическое оборудование, используемое при производстве гидроксида магния «мокрым» способом, приведено в таблице 21.

Таблица 21 — Основное технологическое оборудование, используемое при производстве гидроксида магния

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики
Сборники (емкости) хранения бишофита	Хранение исходного раствора бишофита	Рабочая температура — 10 °С — 40 °С

Продолжение таблицы 21

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики
Сборники (емкости) хранения 46%-ной щелочи	Хранение исходного раствора щелочи	Рабочая температура — 20 °С — 40 °С
Сборники (емкости) хранения разбавленного раствора щелочи	Разбавление и хранение раствора щелочи	Рабочая температура — 20 °С — 80 °С
Реакторы синтеза	Синтез суспензии гидроксида магния	Рабочая температура — не более 60 °С
Сборники суспензии гидроксида магния	Хранение, нагрев или охлаждение суспензии гидроксида магния	Рабочая температура — 80 °С — 90 °С
Автоклавы с перемешивающими устройствами	Автоклавирование суспензии гидроксида магния	Давление — не более 1,2 МПа. Рабочая температура — не более 195 °С
Сборники суспензии гидроксида магния	Прием и охлаждение суспензии гидроксида магния	Рабочая температура — 40 °С — 105 °С
Теплообменники	Охлаждение суспензии гидроксида магния	Площадь поверхности теплообмена — 15–50 м^2
Фильтр-прессы	Фильтрация и промывка гидроксида магния	Площадь поверхности фильтрации — до 500 м^2
Емкости обессоленной и промывной воды	Прием и хранение воды для промывки кека	Рабочая температура — 20 °С — 50 °С
Конвейер ленточный	Транспортировка кека гидроксида магния	Объемная производительность — 10–15 м^3/ч
Теплообменник кожухотрубчатый	Нагрев воздуха дымовыми газами	Рабочая температура — 400 °С — 450 °С
Горелки газовые	Сжигание природного газа для нагрева воздуха	Тепловая мощность (900–1000) кВт
Роторно-вихревая мельница с подогревателем	Сушка, измельчение и поверхностная обработка гидроксида магния	Объемная производительность по воздуху — 20 000–30000 м^3/ч

Окончание таблицы 21

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики
Классификатор	Классификация измельченного $Mg(OH)_2$	Частота вращения классификатора — 1450 $мин^{-1}$
Силосы с вибратором и пневмопушками	Хранение продукта	Рабочая температура — 20 °С — 40 °С
Установка фасовки и паллетирования	Фасовка (упаковка) готового продукта в мешки	Комплектная установка
Установка фасовки в контейнеры	Фасовка (упаковка) продукта в контейнеры	Комплектная установка

2.2.1.1 Общее описание процесса приема, хранения и подготовки сырья

Подготовка исходного раствора бишофита, как правило, предусматривает фильтрацию раствора от механических примесей. Кроме того, подготовка раствора бишофита может включать предварительную очистку от примеси сульфатов магния и натрия с целью получения более качественного и чистого исходного сырья. Исходный раствор бишофита поступает в производство по трубопроводу или в автоцистернах от предприятия-поставщика.

Подготовка исходного раствора гидроксида натрия, как правило, предусматривает прием исходного концентрированного раствора гидроксида натрия с массовой долей NaOH до 47,0 %, его фильтрацию от механических примесей и последующее разбавление обессоленной водой, конденсатом или промывной водой (со стадии промывки гидроксида магния) до получения раствора необходимой концентрации. Исходный раствор щелочи поступает в производство по трубопроводу или в железнодорожных цистернах, или автоцистернах от предприятия-поставщика.

Обессоленная вода или конденсат поступают в производство по трубопроводу от предприятия-поставщика или от собственного производства.

Для хранения исходных растворов бишофита, концентрированной и разбавленной щелочи используется обычное емкостное оборудование.

2.2.1.2 Подготовка, хранение топлива

В производстве гидроксида магния «мокрым» способом не требуется какая-либо специальная подготовка или хранение топлива — природного газа, который поступает

по газопроводу от предприятия-поставщика, при необходимости редуцируется при помощи шкафного газорегуляторного пункта либо непосредственно используется при производстве на стадии сушки гидроксида магния в роторно-вихревой мельнице.

2.2.1.3 Синтез суспензии гидроксида магния

Синтез суспензии гидроксида магния осуществляется, как правило, в непрерывном режиме с использованием нескольких реакторов, снабженных перемешивающими устройствами, при температуре реакционной среды в пределах 40 °С — 60 °С. Протекающая реакция обмена является слабо экзотермической, в связи с этим в реакторы синтеза предусмотрена дополнительная подача пара для поддержания температуры в заданном диапазоне. Полученная суспензия гидроксида магния направляется в промежуточный обогреваемый сборник для предварительного подогрева суспензии до 80 °С — 90 °С перед стадией автоклавирования.

Продолжительность синтеза суспензии гидроксида магния обычно составляет не менее 1 ч.

Данная стадия характеризуется умеренным удельным расходом тепловой энергии в виде пара, необходимым для поддержания заданной температуры синтеза и подогрева суспензии, умеренным удельным расходом электроэнергии для работы мешалок и наносного оборудования, а также весьма низким уровнем эмиссии в атмосферный воздух. Сточные воды и производственные потери на данной стадии отсутствуют.

2.2.1.4 Автоклавирование суспензии гидроксида магния

Данная стадия обычно осуществляется в непрерывном режиме в каскаде из специальных автоклавов, рассчитанных на необходимое избыточное давление (не более 1,2 МПа) и снабженных эффективными перемешивающими устройствами. Температура автоклавирования, как правило, не превышает 200 °С. Общая продолжительность стадии составляет от 5 до 10 ч. Осуществление этой стадии необходимо для получения специфических потребительских свойств синтетического гидроксида магния, в том числе гранулометрии и удельной поверхности частиц продукта.

Данная стадия характеризуется относительно высоким удельным расходом тепловой энергии в виде пара, необходимым для поддержания достаточно высоких температур и давления при автоклавировании, умеренным удельным расходом электроэнергии, а также весьма низким уровнем эмиссии загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Сточные воды и производственные потери на данной стадии отсутствуют.

Полученная автоклавированная суспензия гидроксида магния под давлением направляется на стадию охлаждения.

2.2.1.5 Охлаждение суспензии гидроксида магния

Суспензия гидроксида магния со стадии автоклавирования поступает в сборник суспензии, где происходит ее частичное охлаждение за счет вторичного вскипания воды. Затем частично охлажденная суспензия поступает в теплообменник, где происходит дальнейшее охлаждение суспензии до температуры не более 60 °С. Охлаждение суспензии в теплообменнике осуществляется с использованием оборотной воды, поступающей из сети предприятия.

Данная стадия характеризуется относительно низким удельным потреблением электроэнергии, умеренным потреблением оборотной воды для охлаждения суспензии и очень низким уровнем эмиссии загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Сточные воды и производственные потери на данной стадии отсутствуют.

Охлажденная до необходимой температуры суспензия гидроксида магния направляется через специальные сборники суспензии на фильтрование на фильтр-пресс.

2.2.1.6 Фильтрование и промывка гидроксида магния на фильтр-прессе

Полученная охлажденная суспензия гидроксида магния фильтруется на фильтр-прессе в периодическом режиме с получением отфильтрованного осадка гидроксида магния (кека) и маточного водно-солевого раствора. Отфильтрованный осадок (кек) промывается непосредственно на фильтр-прессе с использованием обессоленной воды до достижения заданной остаточной концентрации хлоридов. Образующаяся при этом промывная вода направляется либо в сборник сточных вод с целью очистки или дальнейшего использования, либо на стадию синтеза гидроксида магния для разбавления исходного раствора концентрированной щелочи на стадии приема и подготовки исходного сырья.

Данная стадия характеризуется умеренным или низким удельным потреблением электроэнергии и тепловой энергии, низким потреблением оборотной воды, основным по вкладу и значительным потреблением обессоленной воды для промывки кека (до 40 $м^3$/т продукта), весьма низким уровнем эмиссий в атмосферный воздух и существенной фактической или потенциальной эмиссией со сточными водами в виде маточного водно-солевого раствора и промывных вод стадии фильтрации. Производственные потери на этой стадии, как правило, несущественны и связаны с периодиче-

ской заменой отработанной фильтровальной ткани фильтр-пресса, содержащей частицы целевого продукта.

Полученный промытый кек гидроксида магния направляется при помощи специального ленточного транспортера на стадию сушки, измельчения и поверхностной обработки. На выходе из ленточного транспортера, как правило, устанавливают устройства для разрушения спрессованных пластин (брикетов) кека гидроксида магния.

2.2.1.7 Сушка и измельчение гидроксида магния с поверхностной обработкой частиц модификаторами

Сушка влажного кека гидроксида магния осуществляется горячим воздухом, получаемым при помощи специального подогревателя воздуха, снабженного газовыми горелками. Нагрев воздуха для сушки происходит в специальных теплообменниках, в которые поступают дымовые газы, полученные в результате сжигания природного газа в газовых горелках. Отработанные дымовые газы после теплообменников при помощи вентилятора через дымовую трубу выбрасываются в атмосферу.

Для сушки и измельчения гидроксида магния обычно используют специальные роторно-вихревые или иные мельницы со встроенным классификатором частиц. Температура горячего воздуха на стадии сушки не должна превышать 400 °С, чтобы исключить нежелательную дегидратацию (разложение) гидроксида магния.

В используемых мельницах одновременно происходят сушка и измельчение гидроксида магния за счет соударения высушиваемых частиц продукта и их измельчения до необходимого размера частиц, который, как правило, зависит от частоты вращения роторов мельницы. Высушенный продукт вместе с потоком воздуха направляется во встроенный классификатор, где происходит разделение продукта по фракциям. Гидроксид магния, не прошедший классификацию (т. е. фракция из крупных частиц), используется как товарный продукт, к которому не предъявляются особые требования по гранулометрии.

Поток целевого продукта вместе с потоком воздуха с температурой в пределах 90 °С — 130 °С из классификатора направляется в рукавный фильтр, в котором происходит отделение гидроксида магния от воздуха. Из нижней части рукавного фильтра основная часть продукта через секторный питатель и распределительный клапан поступает в загрузочный бункер и далее в силос. Другая часть высушенного продукта поступает в специальный смеситель для смешения с исходным влажным кеком с целью снижения его вязкости и влажности перед подачей в мельницу. Воздух, очищенный от

гидроксида магния в рукавном фильтре, после охлаждения в теплообменнике выбрасывается в атмосферу.

Поверхностная обработка (модифицирование) гидроксида магния различными добавками, в том числе стеариновой кислотой, силанами, проводится непосредственно в роторно-вихревой мельнице с использованием специальных дозаторов и/или эжекторов, позволяющих наносить модифицирующий агент на поверхность частиц гидроксида магния.

Данная стадия характеризуется относительно значительным удельным потреблением электроэнергии и природного газа (тепловой энергии), низким потреблением оборотной воды, существенным удельным уровнем эмиссий NO_x, CO, CO_2, CH_4 (дымовых газов) и незначительным уровнем эмиссии пыли гидроксида магния в атмосферный воздух. Сточные воды на данной стадии отсутствуют, а производственные потери, как правило, незначительны и связаны с небольшими потерями продукта при периодической замене отработанных рукавных фильтров.

Целевой гидроксид магния с заданной гранулометрией направляется на стадию фасовки, хранения и отгрузки.

2.2.1.8 Фасовка, хранение (складирование) и отгрузка готового продукта

Готовый продукт при помощи пневмотранспорта поступает первоначально на стадию хранения в силосы и затем при помощи специальных шнеков подается на фасовку в специальный фасовочный агрегат, обеспечивающий фасовку в мешки или в мягкие контейнеры. При фасовке в мешки партия продукта дополнительно паллетизируется.

Воздух от пневмотранспорта очищается от пыли гидроксида магния при помощи кассетных силосных фильтров, после чего выбрасывается в атмосферу.

Фасованный продукт транспортируется на склад готовой продукции при помощи электропогрузчиков. Отгрузка продукта потребителю со склада также осуществляется при помощи электропогрузчиков.

Данная стадия характеризуется относительно низким удельным потреблением электроэнергии, умеренным потреблением технического воздуха, применяемого для пневмотранспорта продукта, незначительным уровнем эмиссии пыли гидроксида магния в атмосферный воздух. Сточные воды на данной стадии отсутствуют, а производственные потери, как правило, незначительны.

2.2.1.9 Сведения об используемом природоохранном оборудовании

Применение природоохранного оборудования в данном производстве обусловлено необходимостью очистки отработанного воздуха (промышленных выбросов) от пыли гидроксида магния, образующейся на стадиях сушки и измельчения гидроксида магния и на стадии фасовки готового продукта, с целью снижения эмиссии в атмосферный воздух и снижения потерь целевого продукта с выбросами.

В таблице 22 приведено природоохранное оборудование, предназначенное для очистки промышленных выбросов производства гидроксида магния от пыли.

Таблица 22 — Природоохранное оборудование производства гидроксида магния

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики
Фильтр рукавный	Очистка выбросов от пыли гидроксида магния	Количество фильтрующих рукавов — 340
Фильтр кассетный силосный	Очистка выбросов от пыли гидроксида магния (от пневмотранспорта)	Площадь фильтрования — 30 $м^2$; объемный расход — 40 $м^3/ч$

Природоохранное оборудование производства гидроксида магния предназначено для очистки воздуха, использованного в процессе, от примесей пыли гидроксида магния и позволяет сократить эмиссию в атмосферный воздух и потери целевого продукта с выбросами.

Очистное оборудование, предназначенное для очистки сточных вод, как правило, в данном производстве не используется. Образующийся водно-солевой раствор и промывные воды целесообразно направлять на использование на рассолопромысел (производство рассола хлорида натрия) либо на очистные сооружения организации, осуществляющей водоотведение и очистку сточных вод.

2.3 Описание технологических процессов, используемых в настоящее время при производстве хлорида магния

В настоящем подразделе рассматриваются технологические процессы, основное и природоохранное оборудование производства хлорида магния методом выпаривания растворов бишофита.

2.3.1 Общее описание технологических процессов, используемых в настоящее время при производстве хлорида магния

Технология производства хлорида магния методом выпаривания растворов бишофита заключается в последовательной реализации следующих технологических стадий:

- прием, хранение и подготовка исходного раствора бишофита;
- подготовка, хранение топлива (природного газа);
- выпаривание раствора бишофита в выпарном аппарате с погружной горелкой;
- кристаллизация и чешуирование или гранулирование и кристаллизация бишофита;
- фасовка и хранение (складирование) хлорида магния.

Основное технологическое оборудование, используемое при производстве хлорида магния методом выпаривания растворов бишофита, приведено в таблице 23.

Таблица 23 — Основное технологическое оборудование производства хлорида магния

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики
Сборники раствора бишофита	Хранение раствора бишофита	Емкостное оборудование. Углеродистая сталь
Емкость раствора гидроксида натрия	Хранение раствора щелочи	Емкостное оборудование. Углеродистая сталь
Турбокомпрессор	Подача воздуха в погружную горелку	Объемная производительность — 4000–6000 $м^3$/ч
Аппарат выпарной с погружной горелкой (АПГ)	Выпаривание раствора бишофита до получения гексагидрата ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$)	Температура рабочая 140 °С — 145 °С. Теплопроизводительность — 1,2–2,4 МВт
Кристаллизатор ленточный	Кристаллизация и дробление продукта	Производительность — 3500–4500 кг/ч
Гранулятор (капельно-разливочная станция)	Гранулирование продукта с последующей кристаллизацией	Производительность — 3500–4500 кг/ч. Частота вращения — 5–70 $мин^{-1}$
Установка фасовки и паллетирования мешков	Фасовка продукта и паллетирование мешков	Комплектная установка

2.3.1.1 Общее описание процесса приема, хранения и подготовки сырья

Исходный раствор бишофита обычно поступает в производство хлорида магния от рудника (месторождения) бишофита по специальному трубопроводу или (гораздо реже) в авто- или железнодорожных цистернах. Подготовка исходного раствора бишофита, при необходимости, может предусматривать его фильтрацию от механических примесей, а также включать в себя предварительную очистку от примеси сульфатов магния и натрия с целью получения исходного сырья более высокого качества и соответственно более качественного продукта. Однако для большинства областей применения кристаллического хлорида магния (бишофита) фильтрация и дополнительная очистка рассола бишофита от сульфатов или иных примесей не требуются.

2.3.1.2 Подготовка, хранение топлива

Для производства хлорида магния не требуется какая-либо специальная подготовка или хранение топлива — природного газа, который поставляется по газопроводу и после редуцирования в газорегуляторной установке и прохождения через фильтр непосредственно используется при производстве на стадии выпаривания раствора бишофита в выпарном аппарате с погружной горелкой.

2.3.1.3 Выпаривание раствора бишофита в выпарном аппарате

Выпаривание раствора бишофита осуществляется в специальных выпарных аппаратах с погружной горелкой (АПГ), которые характеризуются высокой энергоэффективностью вследствие применения прямого нагрева выпариваемого раствора теплоносителем — дымовыми газами, образующимися при сжигании природного газа в одном и том же технологическом аппарате. При этом процесс теплопередачи от теплоносителя (дымовых газов) к выпариваемому раствору характеризуется высокой энергоэффективностью и относительно незначительными потерями тепловой энергии.

Процесс выпаривания раствора бишофита реализуется в непрерывном режиме при температурах выпариваемого раствора в пределах 120 °С — 145 °С и при достаточно большом избытке воздуха 1 : 15–17 м^3. Получаемый в результате выпаривания расплав хлорида магния гексагидрата ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$, бишофита) после отделения от парогазовой смеси (смеси дымовых газов и аэрозоля хлорида магния гексагидрата) непрерывно выводится из аппарата и направляется на кристаллизатор ленточный для кристаллизации и чешуирования или в гранулятор с последующей кристаллизацией на ленточном кристаллизаторе.

На стадии выпаривания протекают минорные нежелательные процессы термогидролиза хлорида магния при повышенных температурах с образованием побочных продуктов: оксихлорида магния ($Mg(OH)Cl$), гидроксида магния ($Mg(OH)_2$) и хлорида водорода (HCl), который вместе с образующимися промышленными выбросами (дымовыми газами) направляется на стадию мокрой очистки в скруббер Вентури.

Эта технологическая стадия является основным источником эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду, поскольку в ней образуются более 90 % по массе всех маркерных загрязняющих веществ производства: оксиды азота (NO_x), CO, CH_4, HCl, аэрозоль ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) и диоксид углерода (CO_2), а также образуются основные производственные отходы (потери) при периодической чистке аппаратов от побочных продуктов и отложений. Из всех технологических стадий производства эта стадия характеризуется также наиболее высоким удельным потреблением энергии, в том числе удельным расходом природного газа, необходимого для генерирования тепловой энергии (55–110 $нм^3$/т бишофита).

Образующиеся на данной стадии промышленные выбросы — смесь дымовых газов, аэрозоля хлорида магния гексагидрата, хлорида водорода и паров воды — направляются на установку очистки промышленных выбросов в «мокрый» скруббер Вентури.

Образующиеся отходы от чистки АПГ направляются на размещение (захоронение) или используются в качестве попутного продукта, находящего применение в очистке сточных и природных вод и в других областях.

Данная стадия характеризуется практически полным отсутствием образования и сброса каких-либо промышленных сточных вод.

2.3.1.4 Кристаллизация и чешуирование или гранулирование и кристаллизация бишофита

Расплав бишофита из выпарного аппарата с погружной горелкой поступает в емкость — сборник бишофита на стадию кристаллизации и чешуирования или гранулирования и кристаллизации в зависимости от заданной целевой товарной формы продукта. Кристаллизация продукта, обычно осуществляется на ленточном кристаллизаторе, охлаждаемом оборотной водой, при температуре не более 40 °С — 45 °С. На выходе из кристаллизатора твердый продукт подвергают измельчению (дроблению) при помощи специальных устройств и дробилки. Получающийся чешуированный хлорид магния направляют на стадию фасовки и хранения.

Аналогично при помощи специального устройства — гранулятора — и ленточного кристаллизатора получают гранулированный продукт, который также направляют на стадию фасовки и хранения.

Данная стадия характеризуется весьма низким уровнем эмиссии в окружающую среду, относительно высоким удельным потреблением электроэнергии по сравнению с другими стадиями производства за счет функционирования оборудования, потребляющего этот вид энергии, а также относительно высоким удельным потреблением тепловой энергии (в виде пара), необходимой для поддержания температуры 120 °С — 145 °С в емкостях — сборниках бишофита, ванне кристаллизатора и в грануляторе перед кристаллизацией. Кроме того, данная стадия характеризуется умеренным потреблением холода в виде захоложенной (оборотной) воды, необходимой для охлаждения ленты кристаллизатора, а также практически полным отсутствием образования и сброса каких-либо промышленных сточных вод.

2.3.1.5 Фасовка и хранение (складирование) хлорида магния

Полученный чешуированный или гранулированный хлорид магния поступает в приемный бункер на стадию фасовки в мягкие контейнеры или в мешки с последующим паллетированием на специальном паллетообмотчике. Фасованный продукт в мягких контейнерах или паллетах транспортируется на склад готовой продукции при помощи электропогрузчиков. Отгрузка партий продукта потребителю осуществляется со склада готовой продукции.

Данная стадия характеризуется низким уровнем эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду, а также относительно низким удельным расходом электроэнергии и других энергоресурсов и практически полным отсутствием образования и сброса каких-либо промышленных сточных вод и отсутствием образования отходов производства.

2.3.1.6 Сведения об используемом природоохранном оборудовании

В составе технологического процесса производства хлорида магния (бишофита) имеются две стадии природоохранного назначения:

- очистка газо-аэрозольной смеси стадии выпаривания раствора бишофита;
- очистка промышленных выбросов от пыли хлорида магния.

Данные стадии предназначены для сокращения выбросов загрязняющих (вредных) веществ в атмосферный воздух, то есть направлены на сокращение эмиссии в атмосферный воздух. Очистка газо-аэрозольной смеси стадии выпаривания бишофита

осуществляется путем нейтрализации хлорида водорода, образующегося при термогидролизе хлорида магния, слабым раствором гидроксида натрия (абсорбента) по следующей реакции:

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$

Указанная реакция нейтрализации осуществляется на установке очистки промышленных выбросов в «мокром» скруббере Вентури путем поглощения хлористого водорода абсорбентом, который периодически подщелачивается раствором гидроксида натрия с массовой долей NaOH не менее 10 % для нейтрализации хлорида водорода.

Очистка промышленных выбросов от пыли хлорида магния, в частности очистка воздуха, отходящего от бункера и дробилок, осуществляется в циклонах с водяной пленкой, где пыль хлорида магния оседает на стенках и смывается водой (водным раствором хлорида магния). Образующийся раствор хлорида магния по достижении массовой доли хлорида магния не менее 32 % направляется в технологический цикл на стадию выпаривания раствора бишофита. Сточные воды при данной очистке не образуются.

Реализация указанных природоохранных стадий осуществляется с использованием природоохранного оборудования, обеспечивающего необходимую эффективность очистки промышленных выбросов производства хлорида магния от загрязняющих веществ — хлорида водорода и хлорида магния гексагидрата. Типичное природоохранное оборудование, используемое при производстве хлорида магния, приведено в таблице 24.

Таблица 24 — Природоохранное оборудование, используемое при производстве хлорида магния

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики
Скруббер Вентури с каплеуловителем	Очистка газо-аэрозольных промышленных выбросов от хлорида водорода (HCl)	Абсорбент — водный раствор с pH в пределах 8–10 ед. pH; объемная производительность — 15000 $м^3$/ч
Циклон с водяной пленкой (ЦВП-5)	Очистка промышленных (вентиляционных) выбросов от хлорида магния гексагидрата	Производительность по газу — 3000–5000 $м^3$/ч Расход жидкости на орошение — 0,10–0,25 $дм^3$/с

Природоохранное оборудование, используемое при производстве хлорида магния, предназначено для очистки промышленных выбросов от примесей хлорида водорода и хлорида магния и позволяет существенно сократить эмиссию загрязняющих веществ в атмосферный воздух, а также снизить потери целевого продукта с выбросами в атмосферный воздух.

Очистное оборудование, предназначенное для очистки сточных вод, в данном производстве не используется. Образующийся в незначительном количестве отработанный раствор абсорбента в виде сточных вод направляется в централизованную систему водоотведения на биологическую очистку сточных вод.

Раздел 3. Текущие уровни эмиссии в окружающую среду и потребления ресурсов

Основными видами воздействия на окружающую среду, связанными с производством оксида магния, являются потребление энергии и загрязнение атмосферного воздуха различными загрязняющими веществами. Процессы обжига магнезита или гидроксида магния связаны с существенным потреблением энергии и являются основными источниками выделения и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Стадия обжига магнезита «сухим» способом является основным потребителем энергии и основным источником выделения выбросов загрязняющих веществ. Вторичные процессы — стадии транспортирования, дробления, грохочения, измельчения сырья, выгрузки, охлаждения, классификации, фасовки и складирования продукта — характеризуются меньшим объемом эмиссий в окружающую среду и меньшим уровнем потребления энергии. Образование сточных вод в данном производстве весьма незначительно и в основном представлено хозяйственно-бытовыми сточными водами от деятельности персонала производства.

Стадия обжига (дегидратации) гидроксида магния «мокрым» способом также является основным потребителем энергии и основным источником выделения выбросов загрязняющих веществ. Другие стадии производства оксида магния «мокрым» способом — стадии синтеза суспензии гидроксида магния, фильтрации, репульпации, промывки гидроксида магния, классификации, фасовки и складирования готового продукта — характеризуются меньшим уровнем эмиссий в окружающую среду и меньшим уровнем потребления энергии, за исключением стадий фильтрации, репульпации и промывки гидроксида магния, которые характеризуются образованием значительного количества сточных вод, содержащих хлорид натрия. Основным направлением утили-

зации этих сточных вод является их использование при производстве рассола хлорида натрия методом подземного выщелачивания каменной соли. В этом случае эмиссия загрязняющих веществ со сточными водами сводится к минимуму и включает в себя водоотведение хозяйственно-бытовых сточных вод, образующихся от деятельности персонала производства.

Основным видом воздействия на окружающую среду, связанными с производством гидроксида магния «мокрым» способом, является потребление энергии. Уровень загрязнения атмосферного воздуха при производстве гидроксида магния существенно ниже, чем при производстве оксида магния «сухим» или «мокрым» способами и, в основном, связано с выбросами загрязняющих веществ стадии сушки гидроксида магния. Кроме того, стадии фильтрации и промывки гидроксида магния характеризуются образованием значительного количества сточных вод, содержащих хлорид натрия. Основным направлением утилизации этих сточных вод является их использование при производстве рассола хлорида натрия методом подземного выщелачивания каменной соли. В этом случае эмиссия загрязняющих веществ со сточными водами сводится к минимуму и включает в себя водоотведение хозяйственно-бытовых сточных вод, образующихся от деятельности персонала производства.

Основными видами воздействия на окружающую среду, связанными с производством хлорида магния, являются потребление энергии в виде потребления природного газа и загрязнение атмосферного воздуха маркерными загрязняющими веществами, образующимися при сжигании природного газа, и хлористым водородом, образующимся в виде примеси при незначительном гидролизе дихлорида магния в процессе упаривания раствора бишофита.

К промышленным источникам эмиссий в окружающую среду или объектам негативного воздействия на окружающую среду относятся любые предприятие, установка, печь, технологический процесс, производственный объект, потребляющие электрическую и/или тепловую энергию, и выделяющие в окружающую среду загрязняющие вещества в виде выбросов в атмосферный воздух, сбросов сточных вод в водные объекты и в виде отходов производства и потребления, которые подлежат размещению, утилизации или обезвреживанию. Конкретные источники эмиссий — это предприятия, осуществляющие инвентаризацию выбросов / сбросов загрязняющих веществ, отходов и специальный учет эмиссий (производственный экологический контроль) от источников негативного или любого техногенного воздействия. На основании указанного учета эмиссий по предприятиям отрасли и была выполнена оценка текущих уровней эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов.

3.1 Текущие уровни эмиссии в окружающую среду и потребления ресурсов при производстве оксида магния

3.1.1 Текущие уровни эмиссии в окружающую среду и потребления ресурсов при производстве оксида магния «сухим» способом

3.1.1.1 Потребление сырьевых материалов при производстве оксида магния «сухим» способом

При высоких температурах магнезит (карбонат магния, $MgCO_3$) термически разлагается на магнезию (MgO) и диоксид углерода (CO_2). С учетом молярных масс исходного сырья и образующихся продуктов реакции можно рассчитать стехиометрические (теоретические) количества магнезии (оксида магния) и диоксида углерода, получающиеся из 1 моль или из 1 т магнезита (100%-ного $MgCO_3$). Обычно для производства 1 т магнезии расходуется 2,5–2,8 т природного магнезита (магнезитовой породы) в зависимости от его качества, требований к целевому продукту и типа применяемой печи.

В процессе полной декарбонизации (разложения) 1000 кг магнезита (карбоната магния) образуется 522 кг диоксида углерода и 478 кг оксида магния. Это соответствует тому, что при производстве 1 т магнезии одновременно выделяется 1,091 т диоксида углерода. Это стехиометрический или теоретический выход продуктов, тогда как по факту исходный магнезит содержит заметное количество примесей, таких как диоксид кремния (SiO_2), оксид кальция (CaO) или карбонат кальция ($CaCO_3$), оксид железа (Fe_2O_3). В таблице 25 приведен расход основных видов сырья и выход основных и побочных продуктов производства оксида магния «сухим» способом.

Таблица 25 — Расход сырья и выход основных и побочных продуктов производства

Сырье, полупродукты, побочные продукты, энергоресурсы			
Наименование	Единица измерения	Расход (выход) на 1 т продукции	
		Минимальный	Максимальный
Магнезит	кг/т	2500	2850
Диоксид углерода	кг/т	(1091)	(1100)
Производственные потери	кг/т	30	100
Кислород	$нм^3/т$	15	150

Производство оксида магния «сухим» способом характеризуется умеренным сырьевым индексом, находящимся в пределах 2500–2850 кг/т.

Удельное потребление сырьевых материалов на производство 1 т оксида магния «сухим» способом приведено в приложении Б.

3.1.1.2 Энергопотребление при производстве оксида магния «сухим» способом

Производство оксида магния различных марок «сухим» способом производства связано со значительным потреблением энергии, что обусловлено высокой эндотермичностью процесса декарбонизации (разложения) магнезита (1210 кДж/кг) и необходимостью достижения и поддержания высоких температур процесса.

Магнезит ($MgCO_3$) термически разлагается на оксид магния и диоксид углерода при температурах выше 550 °С. Высоко эндотермический процесс завершается при температуре, не превышающей 800 °С, и характеризуется удельной энтальпией 2803 МДж/т MgO.

Для процесса обжига возможно использование следующих видов топлива: природный газ, нефтяной кокс и топливный мазут. В таблице 26 приведен удельный расход топлива на производство 1 т магнезии (MgO) для процесса прямого нагрева (обжига). Наибольшие значения потребления топлива относятся к производству мертво обожженной магнезии.

Таблица 26 — Удельный расход топлива для получения 1 т магнезии (MgO) ([6])

Вид топлива	Удельный расход топлива	
	Минимальный	Максимальный
Природный газ	176 нм^3/т	310 нм^3/т
Нефтяной кокс	240 кг/т	393 кг/т
Топливный мазут	190 кг/т	330 кг/т

Потребность в тепловой энергии для производства магнезии составляет 6–12 ГДж/т MgO и зависит от таких факторов, как физико-химические свойства и влажность исходного магнезита (влажный или сухой).

С целью достижения более высокой температуры горения, превышающей 2000 °С, при производстве оксида магния используется кислород. Расход кислорода составляет 15–150 нм^3/т обожженной магнезии. При этом необходимо отметить, что для производства специальных марок спеченной магнезии, характеризующихся высо-

кой чистотой и крупными кристаллами, расход кислорода может превышать 150 $нм^3/т$ MgO.

Для обеспечения эксплуатации другого технологического и вспомогательного оборудования производства — систем вентиляции, транспортирования, фасовки, насосного оборудования, установок очистки промышленных выбросов — используется электроэнергия. Расход электроэнергии зависит от типа и характеристик оборудования и составляет в среднем 75–180 кВт·ч/т MgO или 270–650 МДж/т MgO (для спеченной магнезии).

Для производства периклаза (плавленой магнезии, FM) с использованием электродуговых печей требуется значительно больше электроэнергии: в пределах 3500–4500 кВт·ч/т MgO, при этом расход электроэнергии для производства периклаза очень высокого качества может превысить указанные значения расхода в два раза и более ([6]).

Удельное потребление основных энергоресурсов на производство 1 т гидроксида магния приведено в приложении Б.

3.1.1.3 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

В процессе сгорания топлива и обжига магнезита образуются промышленные выбросы, содержащие пыль, оксиды азота, диоксид серы, оксид и диоксид углерода, а также некоторые количества метана, угля или углеводородов как следствие неполной конверсии топлива при сжигании.

Из-за высокой температуры обжига в печи образующийся диоксид серы не связывается целевой магнезией, однако в случае, если в печи обжига используют меньшую температуру, образующийся диоксид серы частично поглощается оксидом магния и связывается образующейся пылью MgO.

Выбросы диоксида серы при обжиге обусловлены, в первую очередь, наличием серы и ее соединений в исходном магнезите и/или топливе. В окислительных условиях обжига эти соединения окисляются кислородом с образованием диоксида серы. Обычно содержание серы и сернистых соединений в магнезите и/или топливе невелико, тем не менее выброс диоксида серы, обусловленный присутствием серы и ее соединений в сырье, может составлять около 50 % от суммарных выбросов диоксида серы от всего производства.

3.1.2 Текущие уровни эмиссии в окружающую среду и потребления ресурсов при производстве оксида магния «мокрым» способом

3.1.2.1 Потребление сырьевых материалов при производстве оксида магния «мокрым» способом

Для процесса обжига (кальцинации) гидроксида магния, как правило, используется природный газ. В таблице 27 приведен удельный расход сырья и выход основных и побочных продуктов при производстве 1 т магнезии (MgO) «мокрым» способом.

Таблица 27 — Расход сырья и выход основных и побочных продуктов производства

Сырье, полупродукты, побочные продукты, энергоресурсы			
Наименование	Единица измерения	Расход (выход) на 1 т продукции	
		Минимальный	Максимальный
Хлорид магния $MgCl_2$ 100%-ный	кг/т	2362	2460
Гидроксид натрия NaOH 100%-ный	кг/т	1985	2200
Хлорид натрия NaCl 100%-ный	кг/т	(2900)	(3020)
Вода при кальцинации	кг/т	(446,8)	(465)
Производственные потери	кг/т	(5)	(41)
Обессоленная вода	$м^3$/т	50	70
Воздух технологический	$нм^3$/т	220	270

Производство оксида магния «мокрым» способом характеризуется относительно высоким сырьевым индексом, находящимся в пределах 4347–4540 кг/т.

Удельное потребление сырьевых материалов на производство 1 т гидроксида магния и удельный сырьевой индекс технологии приведены в приложении Б.

3.1.2.2 Энергопотребление при производстве оксида магния «мокрым» способом

Производство оксида магния «мокрым» способом производства связано с высоким уровнем потреблением энергии, что обусловлено значительной эндотермичностью процесса дегидратации (кальцинации) гидроксида магния (81,6 кДж/моль или 1400 кДж/кг $Mg(OH)_2$) и необходимостью достижения и поддержания относительно высоких температур процесса на стадии дегидратации (кальцинации) в многоподовой печи — в пределах 700 °С — 1150 °С.

В таблице 28 приведен удельный расход энергии и топлива при производстве 1 т магнезии (MgO) «мокрым» способом.

Таблица 28 — Удельный расход топлива для получения 1 т оксида магния

Вид топлива	Удельный расход топлива	
	Минимальный	Максимальный
Тепловая энергия	20,8 ГДж/т	23,1 ГДж/т
Электроэнергия	700 кВт·ч/т	900 кВт·ч/т
Природный газ	800 нм^3/т	1100 нм^3/т

Потребность в тепловой энергии (в паре) для производства оксида магния составляет 20,8–23,1 ГДж/т MgO и зависит от таких факторов, как физико-химические свойства и влажность исходного кека гидроксида магния, получаемого после репульпации на стадии фильтрации и промывки.

Удельное энергопотребление при производстве оксида магния «мокрым» способом представлено в приложении Б.

3.2 Текущие уровни эмиссии в окружающую среду и потребления ресурсов при производстве гидроксида магния

3.2.1 Текущие уровни эмиссии в окружающую среду и потребления ресурсов при производстве гидроксида магния

3.2.1.1 Потребление сырьевых материалов при производстве гидроксида магния

Расход основных видов сырья, выход основных и побочных продуктов производства гидроксида магния на 1 т продукта приведен в таблице 29.

Таблица 29 — Расход сырья и выход основных и побочных продуктов производства

Сырье, полупродукты, побочные продукты, энергоресурсы			
Наименование	Единица измерения	Расход (выход) на 1 т продукции	
		Минимальный	Максимальный
Хлорид магния $MgCl_2$ 100 %-ный	кг/т	1633	1860
Гидроксид натрия NaOH 100 %-ный	кг/т	1372	1570
Хлорид натрия NaCl 100 %-ный	кг/т	(2004)	(2284)

Окончание таблицы 29

Сырье, полупродукты, побочные продукты, энергоресурсы			
Наименование	Единица измерения	Расход (выход) на 1 т продукции	
		Минимальный	Максимальный
Обессоленная вода	$м^3/т$	40	60
Производственные потери	кг/т	(5)	(90)

Производство гидроксида магния «мокрым» способом характеризуется умеренным сырьевым индексом — в пределах 3005–3276 кг/т.

Удельное потребление всех сырьевых материалов на производство 1 т гидроксида магния приведено в приложении Б.

Производство гидроксида магния «мокрым» способом характеризуется умеренным сырьевым индексом — в пределах 3005–3430 кг/т.

Удельное потребление всех сырьевых материалов на производство 1 т гидроксида магния приведено в приложении Б.

3.2.1.2 Энергопотребление при производстве гидроксида магния

Таблица 30 — Удельный расход топлива для получения 1 т гидроксида магния

Вид топлива	Удельный расход топлива	
	Минимальный	Максимальный
Природный газ	260 $нм^3/т$	280 $нм^3/т$

Удельное потребление основных энергоресурсов на производство 1 т гидроксида магния приведено в приложении Б.

3.3 Текущие уровни эмиссии в окружающую среду и потребления ресурсов при производстве хлорида магния

3.3.1 Текущие уровни эмиссии в окружающую среду и потребления ресурсов при производстве хлорида магния методом выпаривания растворов бишофита

Текущие уровни эмиссии в окружающую среду и потребления ресурсов при производстве хлорида магния определены по фактическим данным, представленными

предприятиями Российской Федерации за 2015 год. Производство хлорида магния характеризуется довольно незначительным уровнем эмиссий загрязняющих веществ в окружающую среду, низким сырьевым индексом технологии и умеренным или низким потреблением энергии, что связано с высокой энергоэффективностью выпарных аппаратов с погружной горелкой (АПГ), а также с простотой технологического процесса выпаривания растворов бишофита.

3.3.1.1 Потребление сырьевых материалов при производстве хлорида магния

Расход основных видов сырья, выход основных и побочных продуктов производства хлорида магния гексагидрата на 1 т продукта приведен в таблице 31.

Таблица 31 — Расход сырья и выход основных и побочных продуктов производства

Сырье, полупродукты, побочные продукты, энергоресурсы			
Наименование	Единица измерения	Расход (выход) на 1 т продукции	
		Минимальный	Максимальный
Раствор хлорида магния с м. д. $MgCl_2$ 32,5 % (32,0 %)	кг/т $м^3$/т	1555 1,19	1600 1,21
Гидроксид натрия NaOH 100 %-ный	кг/т	0,4	0,8
Хлорид водорода 100 %	кг/т	(0,20)	(0,30)
Оксихлорид магния и гидроксид магния (суммарно)	кг/т	(0,50)	(0,90)
Производственные потери	кг/т	(5)	(50)

Производство хлорида магния гексагидрата (бишофита) характеризуется низким сырьевым индексом, находящимся в пределах 1555,4–1600,8 кг/т.

Удельный расход сырья и материалов для получения 1 т хлорида магния ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) приведен в приложении Б.

3.3.1.2 Энергопотребление при производстве хлорида магния

Производство хлорида магния связано с умеренным потреблением тепловой энергии, что обусловлено необходимостью выпаривания воды из водного раствора бишофита с массовой долей хлорида магния в пределах 30 % — 34,5 %.

Для процесса упаривания раствора бишофита используется только природный газ. В таблице 32 приведен удельный расход энергоресурсов и природного газа на

производство 1 т хлорида магния гексагидрата для процесса прямого нагрева раствора в аппарате выпарном с погружной горелкой.

Таблица 32 — Удельный расход энергоресурсов и природного газа на производство 1 т хлорида магния гексагидрата ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$)

Наименование топлива и энергоресурса	Удельный расход топлива	
	Минимальный	Максимальный
Природный газ	55 нм^3	110 нм^3
Тепловая энергия	0,22 ГДж	0,60 ГДж
Электроэнергия	40 кВт·ч	100 кВт·ч
Холод	0,27 ГДж	0,84 ГДж
Воздух сжатый	30 нм^3	80 нм^3

3.3.1.3 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух при производстве хлорида магния

Основные выбросы маркерных загрязняющих веществ, включая оксиды азота, оксид углерода, метан, магния дихлорид гексагидрат и хлорид водорода, а также выбросы диоксида углерода образуются на стадии выпаривания раствора бишофита в аппарате выпарном с погружной горелкой. После очистки образующихся газоаэрозольных промышленных выбросов от хлорида водорода с применением «мокрого» скруббера Вентури и каплеуловителя загрязняющие вещества выбрасываются в атмосферу.

Технологические показатели выбросов маркерных загрязняющих веществ в атмосферный воздух приведены в приложении Д (таблица Д.4.1).

3.4 Перечень маркерных загрязняющих веществ, характерных для производства оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния

В качестве маркерных загрязняющих веществ, характерных для производства оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния, следует рассматривать вещества, являющиеся основными компонентами промышленных выбросов, сбросов сточных вод и отходов производства соответствующей продукции, но, в первую очередь, загрязняющие вещества, содержащиеся в промышленных выбросах производства и определяющие основной вклад в эмиссию в окружающую среду от конкретного производства.

Перечни маркерных загрязняющих веществ для производства оксида магния «сухим» и «мокрым» способами, для производства гидроксида магния «мокрым» способом, а также для производства хлорида магния определены на основании «Перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования Российской Федерации в области охраны окружающей среды», утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 июля 2015 г. № 1316-р ([15]), с учетом технологических особенностей каждого производства и приведены в приложении В.

Перечни технологических показателей, представленных диапазонами массовых концентраций маркерных загрязняющих веществ, характерных для производства оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния, приведены в приложении Д.

3.5 Потери и отходы производства

3.5.1 Потери и отходы производства оксида магния

3.5.1.1 Потери и отходы производства оксида магния «сухим» способом

Производственные потери или отходы производства оксида магния «сухим» способом, как правило, представлены пылью магнезита, получаемой при очистке отходящих промышленных выбросов в осадителях пыли. В такой пыли в качестве основных компонентов содержатся карбонат магния и частицы каустической и обожженной магнезии.

Отходы упаковки (пластик, металл, бумага, картон, древесина и т. п.) образуются на стадии упаковки и хранения продукции, а также на второстепенных стадиях подготовки упаковочных материалов и средств маркировки.

Некоторые виды пыли можно и рекомендуется регенерировать и использовать в основном производственном цикле. Кроме того, собранную пыль можно использовать в качестве попутной продукции по другому назначению, например, при обработке и очистке промышленных сточных вод (направление — защита окружающей среды). Технологии, используемые для обработки пыли и других производственных отходов, должны обеспечивать как повторное использование этих объектов при производстве товарной продукции, так и их иное использование в экономике.

Образующиеся при промывке промывные воды с целью удаления взвешенных веществ (твердой фазы) направляют на очистку путем седиментации. Выделенные та-

ким образом взвешенные вещества хранят на промежуточном складе для дальнейшего использования в процессе, а очищенную воду возвращают в водооборотную систему.

3.5.1.2 Потери и отходы производства оксида магния «мокрым» способом

Производственные потери или отходы производства оксида магния «мокрым» способом, как правило, представлены пылью оксида магния, получаемой при очистке отходящих промышленных выбросов в осадителях пыли. В такой пыли в качестве основных компонентов содержатся оксид магния. Кроме того, на стадии фильтрации и промывки гидроксида магния имеются небольшие потери (просыпи) продукта, которые представляют собой влажный гидроксид магния.

Отходы упаковки (пластик, металл, бумага, картон, древесина и т. п.) образуются на стадии упаковки и хранения продукции, а также на второстепенных стадиях подготовки упаковочных материалов и средств маркировки.

Собранную пыль оксида магния можно и рекомендуется использовать в основном производственном цикле. Кроме того, собранную пыль можно использовать в качестве попутной продукции по другому назначению, например, при обработке и очистке промышленных сточных вод (направление — защита окружающей среды). Технологии, используемые для обработки пыли и других производственных отходов, должны обеспечивать как повторное использование этих объектов при производстве товарной продукции, так и их иное использование в других отраслях экономики.

Сточные воды, образующиеся на стадии синтеза и промывки гидроксида магния и содержащие до 7,0 мас. % хлорида натрия, рекомендуется направлять на рассолопромысел в качестве исходного водного раствора с целью получения концентрированного рассола хлорида натрия, используемого при производстве хлора и каустика методом электролиза.

3.5.2 Потери и отходы производства гидроксида магния

Производственные потери или отходы производства гидроксида магния «мокрым» способом, как правило, представлены пылью гидроксида магния, получаемой при очистке отходящих промышленных выбросов в осадителях пыли и/или фильтрах. В такой пыли в качестве основного компонента содержится гидроксид магния.

Отходы упаковки (пластик, металл, бумага, картон, древесина и т. п.) образуются на стадии упаковки и хранения продукции, а также на второстепенных стадиях подготовки упаковочных материалов и маркировки.

Собранную пыль гидроксида магния рекомендуется использовать в основном производственном цикле. Кроме того, собранную пыль можно использовать в качестве попутной продукции по другому назначению, например, для обработки, нейтрализации и очистки промышленных сточных вод (направление — защита окружающей среды), а также для обработки и обезвреживания отходов кислот путем нейтрализации. Технологии, используемые для обработки пыли и других производственных отходов, должны обеспечивать как повторное использование (рециклинг) этих объектов при производстве товарной продукции, так и их иное применение в других отраслях экономики, в том числе для выполнения работ, оказания услуг.

Сточные воды, образующиеся на стадии синтеза и промывки гидроксида магния и содержащие до 7,0 мас. % хлорида натрия, рекомендуется направлять на рассолопромысел в качестве исходного водного раствора с целью получения концентрированного рассола хлорида натрия, используемого при производстве хлора и каустика методом электролиза.

3.5.3 Потери и отходы производства хлорида магния

Производственные потери или отходы производства хлорида магния представлены в основном, отходами, которые образуются в результате периодической чистки аппаратов погружного горения от отложений, образующихся на стенках аппаратов в процессе эксплуатации. Отходы представляют собой смесь магния хлорида гексагидрата с продуктами частичного термогидролиза хлорида магния (оксихлоридами магния различной степени гидратации). Эти отходы можно использовать в качестве попутной продукции по другому назначению, например, для обработки и очистки промышленных и природных сточных вод (направление — защита окружающей среды).

Отходы упаковки (пластик, металл, бумага, картон, древесина и т. п.) образуются на стадии упаковки и хранения продукции, а также на второстепенных стадиях подготовки упаковочных материалов и маркировки.

Образование промышленных сточных вод в данном производстве крайне незначительно и не вызывает каких-либо проблем с необходимостью их очистки и отведения (см. 3.6.3).

3.6 Использование воды и водоотведение

3.6.1 Использование воды и водоотведение при производстве оксида магния

3.6.1.1 Использование воды и водоотведение при производстве оксида магния «сухим» способом

Рассматриваемое производство характеризуется умеренным потреблением воды и достаточно низким уровнем образования и сброса сточных вод. В основном, воду используют для промывки исходного сырья (магнезита) и в процессе удаления осажденных в фильтрах твердых частиц, причем воду после декантации и осветления суспензии используют повторно для тех же целей.

Воду используют также для охлаждения оксида магния в зоне охлаждения, при этом вследствие высоких температур в зоне охлаждения вода практически полностью испаряется. Кроме того, воду используют в системах промывки и очистки промышленных выбросов (дымовых газов) от загрязняющих веществ, в том числе в «мокрых» скрубберах.

Таким образом, производство оксида магния «сухим» способом характеризуется крайне незначительным уровнем образования и сброса промышленных сточных вод.

3.6.1.2 Использование воды и водоотведение при производстве оксида магния «мокрым способом»

Данное производство характеризуется умеренным потреблением воды и умеренным уровнем образования и сброса сточных вод. В основном, воду используют для разбавления исходных реагирующих растворов бишофита и щелочи на стадии синтеза гидроксида магния, а также для промывки полученного гидроксида магния от примеси хлорида натрия.

Сточные воды, образующиеся на стадии синтеза и промывки гидроксида магния и содержащие до 7,0 мас. % хлорида натрия, рекомендуется направлять на рассолопромысел в качестве исходной воды с целью получения концентрированного рассола хлорида натрия, используемого при производстве хлора и каустика методом электролиза.

В связи с использованием образующихся промышленных сточных вод производства для получения концентрированного рассола хлорида натрия, уровень водоотве-

дения и очистки сточных вод производства весьма незначителен и в целом определяется уровнем потребления воды для деятельности рабочего персонала.

3.6.2 Использование воды и водоотведение при производстве гидроксида магния

Как и в случае производства оксида магния «мокрым» способом, производство гидроксида магния характеризуется умеренным потреблением воды и умеренным уровнем образования и сброса сточных вод. В основном воду используют для разбавления исходных реагирующих растворов бишофита и щелочи на стадии синтеза гидроксида магния, а также для промывки полученного гидроксида магния от примеси хлорида натрия.

Сточные воды, образующиеся на стадии синтеза и промывки гидроксида магния и содержащие до 7,0 мас. % хлорида натрия, рекомендуется направлять на рассолопромысел в качестве исходного разбавленного водного раствора с целью получения более концентрированного рассола хлорида натрия, используемого при производстве хлора и каустика методом электролиза.

В связи с использованием образующихся промышленных сточных вод производства для получения рассола хлорида натрия, уровень водоотведения и очистки сточных вод производства весьма незначителен и определяется уровнем потребления воды для деятельности рабочего персонала.

3.6.3 Использование воды и водоотведение при производстве хлорида магния

Производство хлорида магния характеризуется крайне низким уровнем потребления воды, что обусловлено особенностью технологического процесса. Вода используется только на стадии очистки промышленных выбросов от аппарата погружного горения путем приготовления и циркуляции раствора абсорбента, который получается смешением исходной воды с 10 %-ным раствором щелочи. Отработанный раствор абсорбента, содержащий хлорид натрия, периодически выводится из процесса и в качестве промышленных сточных вод в незначительном объеме направляется на биологические очистные сооружения. Использование этих сточных вод в самом производстве хлорида магния (на стадии упаривания бишофита) технически нецелесообразно в виду потенциального загрязнения бишофита и товарного продукта примесью хлорида натрия, что, в общем случае, нежелательно.

Таким образом, производство хлорида магния характеризуется крайне незначительным уровнем водопотребления и соответственно незначительным объемом образования и сброса (отведения) промышленных сточных вод.

3.7 Шум

Шум генерируется практически на всех стадиях производства оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния.

Основными источниками шума при производстве оксида магния «сухим» способом являются:

- подача магнезита в печь, скиповые устройства;
- работа транспортерных лент и устройств, насосного оборудования;
- работа дробилок, мельниц, грохотов, классификаторов, пневмотранспорта, вибраторов;
- работа вращающейся печи;
- работа дымососов, вентиляторов, вытяжек.

Основными источниками шума при производстве оксида магния «мокрым» способом являются:

- работа ленточных транспортеров и конвейеров, насосного оборудования;
- работа ковшевых элеваторов, пневмотранспорта, фильтр-прессов;
- работа дымососов, вентиляторов, вытяжек.

Основными источниками шума при производстве гидроксида магния «мокрым» способом являются:

- работа ленточных транспортеров и конвейеров, насосного оборудования;
- работа шнековых питателей, смесителей;
- работа фильтр-пресса, роторно-вихревой мельницы, классификатора;
- работа дымососов, вентиляторов, компрессоров, вытяжек.

Основными источниками шума при производстве хлорида магния являются:

- работа дымососов, вентиляторов, турбокомпрессоров, вытяжек;
- работа кристаллизаторов, грануляторов, насосного оборудования.

Для снижения уровня шума при производстве используют естественные препятствия для его распространения — здания, стены производственных помещений, деревья и кустарники, высаженные на территории производственной площадки и в санитарно-защитной зоне. При проектировании предприятия необходимо выполнять все требования действующего законодательства и стандартов по снижению шума.

3.8 Запах

3.8.1 Запах при производстве оксида магния

Наличие специфического запаха при производстве оксида магния характерно только для «сухого» способа производства и связано с качеством используемого магнезита и топлива. При определенном (повышенном) содержании в исходном магнезите и/или топливе соединений серы, в производственных процессах образуются оксиды серы SO_x и сероводород H_2S, которые придают специфический запах промышленным выбросам данного производства. Известно о зависимости содержания серы в исходном магнезите от размера частиц (гранулометрии). Такая зависимость приведена ниже в таблице 33 ([6]).

Таблица 33 — Массовая доля серы в магнезите в зависимости от гранулометрии

№ п/п	Размер частиц магнезита, мм	Массовая доля серы, %
1	> 1	0,04
2	0,02–1	0,19
3	< 0,02	1,80

Для «мокрого» способа производства оксида магния специфический запах, обусловленный присутствием оксидов серы и сероводорода в промышленных выбросах, не характерен. С одной стороны, это объясняется относительно низким содержанием серы в виде сульфатов металлов в исходном сырье — растворе бишофита. С другой стороны, при «мокром» способе производства все водорастворимые соединения серы (сульфаты металлов) остаются в водном растворе хлорида натрия, образующемся в результате взаимодействия бишофита с водным раствором щелочи; при этом получаемый на первой стадии производства гидроксид магния характеризуется весьма низким содержанием серы, что и определяет практическое отсутствие запаха летучих сернистых соединений в этом производстве. Кроме того, в этом способе производства в качестве исходного топлива (энергоресурса) используется природный газ, содержание серы в котором незначительно и существенно ниже содержания серы в мазуте и различных углях.

3.8.2 Запах при производстве гидроксида магния

В производстве гидроксида магния «мокрым» способом практически отсутствуют специфические запахи, которым следовало бы уделить внимание при оценке уровня

этой эмиссии с целью последующего внедрения НДТ для решения соответствующей проблемы.

3.8.3 Запах при производстве хлорида магния

В производстве хлорида магния практически отсутствуют специфические запахи, которым следовало бы уделить внимание при оценке уровня этой эмиссии с целью последующего внедрения НДТ для решения такой проблемы.

Раздел 4. Определение наилучших доступных технологий

В соответствии с определением, приведенным в статье 1 Федерального закона № 7-ФЗ от 10 января 2002 г. «Об охране окружающей среды», наилучшая доступная технология — технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения ([16]). Это определение идентично определению, сформулированному в Директиве 2010/75/ЕС о промышленных эмиссиях — основном законодательном документе ЕС, устанавливающем обязательность применения НДТ для отраслей экономики, отнесенным к основным загрязнителям окружающей среды и характеризующимся значительным потреблением сырьевых и энергетических ресурсов при производстве ([17]).

Понятие «технологии» относится как к используемым технологиям производства, так и к способам проектирования, создания, обслуживания, управления, эксплуатации и вывода предприятий из эксплуатации.

Доступные технологии — это технологии, разработанные в масштабах, позволяющих их внедрить в соответствующей отрасли промышленности экономически и технически осуществимым способом с учетом соответствующих материальных затрат и выгод.

Наилучшие технологии — это технологии, позволяющие наиболее эффективным способом достичь общего высокого уровня защиты окружающей среды в целом.

Таким образом, опыт применения НДТ в ЕС непосредственно связан с внедрением в странах — членах Европейского союза системы комплексных природоохранных разрешений для ключевых предприятий — загрязнителей окружающей среды. При этом в Директиве 2010/75/ЕС речь идет о технологии в наиболее широком ее смысле — технологии как совокупности методов обработки, изготовления, изменения состо-

яния, свойств, формы, сырья, материалов, применяемых в процессе производства для получения готовой продукции ([17]).

В некоторых случаях упоминают наилучшие доступные технологии, имея в виду новейшие решения, направленные на защиту одного из компонентов окружающей среды или на решение конкретной проблемы. Это связано с историей вопроса и эволюцией понятия НДТ, а также с тем, что привлекательность идеи внедрения НДТ, призванных обеспечить высокий уровень защиты окружающей среды и экологической безопасности, распространяется на самые разные отрасли экономики, включая жилищно-коммунальное хозяйство, городское хозяйство, электросети, тепловые сети и т. п.

Для понимания концепции НДТ в целом и направлений ее практического применения в Российской Федерации целесообразно привести перечень критериев, в соответствии с которыми следует оценивать, является ли данная технология наилучшей доступной технологией. К числу таких основных, но не исчерпывающих относятся:

- рациональное потребление сырья, материалов и воды (ресурсосбережение);
- обеспечение высокой энергоэффективности;
- применение малоотходных или безотходных процессов;
- характер и уровень негативного воздействия на окружающую среду и возможность снижения удельных значений эмиссий, связанных с процессом;
- использование в технологических процессах веществ, которые в наименьшей степени опасны для человека и окружающей среды, и отказ от использования особо опасных веществ;
- снижение вероятности аварий и инцидентов, связанных с производством;
- возможность регенерации и повторного использования (рециклинга) веществ, применяемых в технологических процессах, в том числе в составе образующихся отходов;
- свидетельства предыдущего успешного применения в промышленных масштабах сопоставимых процессов, установок, оборудования, методов управления;
- сроки ввода в эксплуатацию для новых и существующих установок;
- экономическая приемлемость для отрасли экономики.

В настоящее время при определении наилучших доступных технологий все большее внимание уделяется системам менеджмента. Так, предприятиям практически всех отраслей экономики настоятельно рекомендовано разрабатывать и внедрять системы экологического менеджмента, а также системы энергетического менеджмента, позволяющие учесть приоритеты охраны окружающей среды и повышения энергоэф-

фективности при планировании и осуществлении деятельности хозяйствующих субъектов.

Изменения, внесенные в Федеральный закон № 7-ФЗ от 10 января 2002 г. «Об охране окружающей среды» Федеральным законом от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ ([18]), определяют правовую основу для широкого практического применения в Российской Федерации наилучших доступных технологий и комплексных экологических разрешений.

Для реализации требований Федерального закона № 7-ФЗ от 10 января 2002 г. ([16]) в области НДТ необходимо разработать различные нормативные документы, информационно-технические справочники, документы по стандартизации и пр. При этом целесообразно наиболее полно учесть отечественный и международный опыт, накопленный промышленными предприятиями и другими субъектами экономической деятельности.

Определение наилучших доступных технологий в области применения настоящего справочника НДТ проводилось на основании Правил определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458 ([1]) и с учетом методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии, утвержденных приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 марта 2015 г. № 665 ([19]).

При определении технологии, в том числе технологического оборудования, в качестве НДТ учитывались следующие критерии, установленные действующим законодательством Российской Федерации ([1]):

- наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции (товара) либо соответствие другим показателям воздействия на окружающую среду, предусмотренным международными договорами Российской Федерации;
- экономическая эффективность внедрения и эксплуатации;
- применение ресурсо- и энергосберегающих методов;
- период внедрения;
- промышленное внедрение технологических процессов, оборудования, технических способов, методов на двух и более объектах в Российской Федерации, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

На основании указанных «Правил определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии» ([1]) и «Методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии» ([19]) при разработке настоящего справочника НДТ были определены наилучшие доступные технологии в следующих производствах:

- производство оксида магния «сухим» способом;
- производство оксида магния «мокрым» способом
- производство гидроксида магния «мокрым» способом;
- производство хлорида магния методом выпаривания водных растворов бишофита.

Технологические показатели технологий, которые определены в качестве наилучших доступных технологий при производстве оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния, представлены в разделе 3, а в приложениях А, Б, В и Д приведены основные технические, экологические и иные показатели технологических процессов, соответствующих критериям НДТ для указанных производств.

Оформление указанных приложений было проведено с учетом терминологии и общих положений, представленных в Федеральном законе «Об отходах производства и потребления» ([20]), в Федеральном законе «Об охране атмосферного воздуха» ([21]), а также в Федеральном законе «О водоснабжении и водоотведении» ([22]).

Кроме того, в разделе 5 и приложении Г настоящего справочника НДТ рассмотрены «смежные» НДТ, которые рекомендованы к внедрению в производствах оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния с целью повышения энергоэффективности производства, сокращения различных эмиссий в окружающую среду, улучшения ресурсосбережения и повышения качества контроля и мониторинга производственных процессов и эмиссий.

Раздел 5. Наилучшие доступные технологии

5.1 Наилучшие доступные технологии при производстве оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния

В разделах 2 и 3 были описаны наилучшие доступные технологии в производствах оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния. В приложениях А, Б, В и Д приведены основные технические, экологические и иные показатели технологических процессов, соответствующих критериям НДТ для указанных производств по состоянию на 1 июля 2016 г.

В данном подразделе представлен общий подход к выбору достижения более высокого уровня защиты окружающей среды и более эффективного ресурсосбережения в производствах оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния. Наряду с повторным использованием производственных потерь (отходов), материалов и энергии, рассматриваются проблемы профилактики, контроля, мониторинга, рециклинга и минимизации расходов сырья и энергии при производстве продукции данной отрасли промышленности.

В таблице 34 представлено общее информационное содержание оптимального сочетания методического подхода (метода) и технического решения при обосновании необходимости внедрения наилучшей доступной технологии в соответствующем производстве.

Таблица 34 — Информационное содержание оптимального сочетания методического подхода (метода) и технического решения при реализации НДТ

Вид информации	Содержание информации
Описание	Техническое описание методического подхода и технические решения, включая чертежи, таблицы и схемы
Эффекты для окружающей среды	Основные эффектны для окружающей среды, в том числе снижение затрат энергии, сырьевых материалов, увеличение выпуска продукции, производительности, эффективности использования энергии для данного метода и технического решения
Воздействие на различные компоненты окружающей среды	Взаимодействие различных методов и технических решений по защите окружающей среды. Сопоставление их эффектов для окружающей среды в целом
Эксплуатационные показатели	Сведения о потреблении сырья, энергии и эмиссиях для производств, использующих данный метод и техническое решение. Дополнительная информация, касающаяся режимов эксплуатации и результатов контроля
Пригодность (потенциал технологии и оборудования)	Анализируются и определяются виды установок, в которых могут быть использованы данные методы и технические решения, фиксируется возраст (срок эксплуатации), размер и производительность установки, вид продукции, уже используемые методы и технические решения

Окончание таблицы 34

Вид информации	Содержание информации
Экономический эффект	Сведения о ценах, размерах инвестиций, расходах на эксплуатацию, возможном снижении удельных затрат сырья, энергии, сокращении выбросов и отходов
Движущая сила для внедрения НДТ	Ужесточение природоохранного законодательства Российской Федерации и региональных требований к охране окружающей среды. Информация о других причинах внедрения (рост производительности, повышение безопасности и т. п.) наряду с защитой окружающей среды
Примеры установок и производств	Сведения об установке и производстве, где используется данный метод и техническое решение
Использованная литература	Литературные и другие источники, использованные при разработке данного раздела и содержащие детали данного метода и технического решения

Затраты на реализацию технических решений, связанных с удалением или сокращением эмиссий в окружающую среду (загрязнений), следует оценивать с учетом типа технологического и природоохранного оборудования, эффективности метода и технических решений и индивидуальных особенностей применения технических решений (методов).

Ниже приведены наименования и основные методические составляющие наилучших доступных технологий, внедрение которых целесообразно и актуально в производствах оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния и которые позволяют сократить эмиссии в окружающую среду, потребление сырья, воды, энергии и снизить образование отходов с учетом необходимой и достаточной экономической эффективности (приемлемости) производств.

5.1.1 НДТ 1

НДТ для выполнения на постоянной основе измерений и мониторинга параметров процесса и выбросов, приведенных ниже:

Метод	Пункт
Непрерывное измерение параметров, характеризующих стабильность процесса, таких как температура, содержание O_2, давление, скорость газового потока	2.1.1 2.1.2 2.2.1 2.3.1
Мониторинг и стабилизация таких критических параметров процесса, как расход топлива, дозировка и расход воздуха (кислорода)	2.1.1 2.1.2
Непрерывная или периодическая (по меньшей мере, раз в квартал или во время наибольших выбросов) измерение выбросов пыли, NO_x, SO_2	3.1.1 3.1.2
Периодические измерения выбросов HCl, CO, CH_4	3.1.1 3.1.2

5.1.2 НДТ 2

НДТ для минимизации расхода магнезита или бишофита путем применения следующих технических решений по отдельности или в сочетании:

Метод	Пункт
Специальная система подготовки и дробления магнезита с учетом его гранулометрического состава и качества	2.1.1 3.1.1
Подбор и применение оборудования (в т. ч. аппаратов погружного горения) с целью более полной конверсии магнезита, гидроксида магния или более эффективного испарения воды в аппаратах погружного горения при производстве хлорида магния	2.1.1 2.1.2 2.2.1 2.3.1

5.1.3 НДТ 3

НДТ для снижения расхода тепловой энергии в зависимости от технологического процесса и вида продукции путем применения следующих технических решений по отдельности или в сочетании:

Окончание таблицы 34

Метод	Пункт
усовершенствованной и оптимизированной печной системы, плавного и стабильного процесса обжига путем оптимизации контроля процесса, включая компьютерный автоматический контроль, а также путем рекуперации тепла отходящих газов и газов из холодильника;	2.1.1 2.1.2 2.2.1 2.3.1
Использование топлива с характеристиками, которые оказывают положительное влияние на расход тепла на обжиг магнезита	2.1.1 3.1.1
Сокращение избытка кислорода или воздуха в процессе обжига магнезита, гидроксида магния или при выпаривании растворов бишофита	2.1.1 2.1.2 2.3.1

5.1.4 НДТ 4

НДТ для минимизации расхода электроэнергии путем применения следующих технических решений по отдельности или в сочетании:

Метод	Пункт
Использование систем управления потреблением электроэнергии	2.1 3.1
Использование оборудования для обжига, кальцинации, измельчения, сушки и другого технологического оборудования с более высокой энергоэффективностью (более высоким коэффициентом полезного действия)	2.1 3.1 3.2

5.1.5 НДТ 5

НДТ по применению мер безопасности при работе на производстве путем применения следующих технических решений по отдельности или в сочетании:

Метод	Пункт
Внедрение оборудования, машин, установок, позволяющих автоматизировать технологический процесс (полностью или частично)	2.1 3.1
Внедрение эффективной системы обеспыливания на всей технологической линии процесса	2.1 3.1
Применение индивидуальных средств защиты от неблагоприятной производственной среды (вредных условий труда)	2.1 3.1

Окончание
таблицы 34

5.1.6 НДТ 6

НДТ для сокращения (минимизации) неорганизованных выбросов технологической пыли путем применения следующих технических решений по отдельности или в сочетании:

Метод / оборудование	Пункт
Циклон	2.1.1
Рукавный фильтр	2.1.2
Электрофильтр или электростатический осадитель	2.2.1
Система мокрой очистки (скрубберы)	2.3.1
Закрытое хранение пылящих веществ и материалов	3.1; 3.2; 3.3

5.1.7 НДТ 7

НДТ для снижения выбросов газообразных веществ (NO_x, SO_2, HCl, CO, CO_2, CH_4) с дымовыми газами печного процесса или сушки путем применения для операций, связанных с пылевыделением, следующих технических решений по отдельности или в сочетании:

Метод	Пункт
Осуществление тщательного отбора и контроля поступающих в печь веществ и материалов	2.1 3.1
Использование топлива и сырья с пониженным содержанием загрязняющих веществ и их прекурсоров (серы, хлора, азота, органических веществ)	2.1 3.1
Использование для оптимизации процесса технических решений для обеспечения эффективного поглощения диоксида серы	2.1 3.1
Использование технических решений для оптимизации процесса с целью обеспечения плавного и стабильного ведения обжига в печи или сушки при расходе воздуха, близком к стехиометрическому количеству	2.1 3.1 3.2

5.1.8 НДТ 8

НДТ для снижения выбросов NO_x в промышленных выбросах (печных газах) путем применения следующих технических решений по отдельности или в сочетании:

Метод	Пункт
Подбор и использование топлива и сырья с пониженным содержанием азота	2.1 3.1
Оптимизация процесса обжига и использование более совершенных технологий и оборудования для обжига (сушки)	2.1 3.1

5.1.9 НДТ 9

НДТ для снижения выбросов SO_2 в промышленных выбросах (печных газах) путем применения следующих технических решений по отдельности или в сочетании:

Метод	Пункт
Подбор и использование топлива и сырья с пониженным содержанием серы	2.1 3.1
Оптимизация процесса обжига и использование более совершенных технологий и оборудования для обжига (сушки)	2.1 3.1
Использование дополнительных поглотителей (адсорбентов) для очистки сухих дымовых газов, а также фильтра или мокрого скруббера	2.1 3.1

5.1.10 НДТ 10

НДТ для снижения выбросов CO и CO_2 в промышленных выбросах (печных газах) путем применения следующих технических решений по отдельности или в сочетании:

Метод	Пункт
Подбор и использование исходного сырья с пониженным содержанием органических веществ	2.1.1 3.1.1
Оптимизация процесса контроля обжига, сушки (производство оксида и гидроксида магния) или упаривания (производство хлорида мания)	2.1 3.1

Метод	Пункт
Непрерывный и постоянный контроль питания топливом печи, сушилки или выпарного аппарата с погружной горелкой и контроль расхода воздуха	2.1 3.1

5.1.11 НДТ 11

НДТ для снижения выбросов HCl и HF путем использования топлива с пониженным содержанием хлора и фтора путем применения следующих технических решений по отдельности или в сочетании:

Метод	Пункт
Подбор и использование исходного сырья с пониженным содержанием органических веществ (производство оксида магния и гидроксида магния)	2.1 3.1
Оптимизация температурного режима стадии упаривания раствора бишофита (производство хлорида мания)	2.3.1 3.3.1

5.1.12 НДТ 12

НДТ для снижения (минимизации) выбросов пыли с дымовыми газами печного процесса путем применения следующих технических решений по отдельности или в сочетании:

Метод / оборудование	Пункт
Циклон	2.1
Электрофильтр	3.1
Система мокрой очистки (скрубберы)	3.2

5.1.13 НДТ 13

НДТ для снижения и предотвращения производственных потерь путем применения следующих технических решений по отдельности или в сочетании:

Метод	Пункт
Повторное использование собранной пыли по прямому назначению	2.1

Метод	Пункт
Использование собранной (уловленной) пыли в составе товарной продукции	2.1
Использование собранной (уловленной) пыли в качестве попутного продукта с иной областью применения	2.1 3.1

5.1.14 НДТ 14

НДТ для снижения (минимизации) уровня шума при производстве путем применения следующих технических решений по отдельности или в сочетании:

Метод	Пункт
Закрытие (экранирование) источника шума	3.7
Минимизация шума путем использования звукоизолированных сооружений и оборудования	3.7
Изоляция труб и отводов вентиляторов, которые помещают в звукоизолирующие устройства	3.7
Устройство шумопоглощающих стен и/или природных шумопоглощающих препятствий	3.7
Установка наружных глушителей на дымовых трубах и вентиляторах фильтров	3.7
Использование для шумного оборудования (компрессоров) звукопоглощающих укрытий	3.7
Использование для мельниц резиновых прокладок, предотвращающих контакт «металл-металл»	3.7
Сооружение зданий или использование растущих деревьев и кустарников для защиты селитебных территорий от воздействия шума	3.7

5.1.15 НДТ 15

НДТ с использованием гидроксида кальция в качестве щелочного агента (вместо гидроксида натрия) путем применения следующих технических решений по отдельности или в сочетании:

Метод	Пункт
Использование альтернативного сырья — гидроксида кальция (гашеной извести) при производстве оксида и гидроксида магния «мокрым» способом	7.1 7.2
Использование хлоридной составляющей сырья (бишофита) для получения второго целевого продукта — хлорида кальция	7.1 7.2

Перечень технологических показателей, соответствующих текущему уровню НДТ для производства оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния в Российской Федерации приведен в приложении Д.

Перечень всех НДТ, рассматриваемых в настоящем справочнике НДТ и позволяющих сократить эмиссии в окружающую среду, потребление сырья, воды, энергии и снизить образование отходов, представлен в приложении Г.

5.2 Преимущества, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ

При внедрении приведенных выше НДТ могут быть достигнуты следующие преимущества новых технологий и оборудования для рассматриваемой отрасли:

- сокращение удельного расхода сырья на производство продукции (НДТ 2);
- сокращение удельных затрат тепловой энергии (НДТ 3) и электроэнергии (НДТ 4) на производство товарной продукции;
- сокращение выбросов загрязняющих веществ, в том числе пыли, в атмосферный воздух (НДТ 6 — НДТ 12);
- сокращение производственных потерь (НДТ 13);
- снижение уровня шума при производстве и воздействия шума на окружающую среду и среду обитания человека (НДТ 14);
- полная конверсия сырья — бишофита в товарные продукты с сокращением суммарных удельных затрат и энергопотребления на производство продуктов (НДТ 15).

5.3 Ограничения по применимости наилучших доступных технологий

НДТ с 1 по 14 могут быть внедрены и применены в производствах оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния в следующих случаях:

- при модернизации отдельных стадий, установок или всего предприятия в целом;

- при создании (при строительстве) нового производства.

НДТ 15 может быть внедрена и применена только при создании нового производства (предприятия), поскольку это связано с реализацией принципиально новой технологии, использованием иного сырья и получением второго товарного продукта — жидкого или твердого хлорида кальция.

Раздел 6. Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий

В связи с ограниченным объемом информации очень сложно выполнить обоснованные и корректные расчеты и оценку стоимости внедрения наилучших доступных технологий при производстве оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния. Тем не менее, с учетом имеющихся сведений от российских производителей и производителей стран ЕС можно отметить следующее.

При выборе вида топлива наиболее важными являются следующие показатели:

- стоимость самого топлива, которая может составлять от 30 % до 60 % стоимости целевой продукции (оксида магния, гидроксида магния или хлорида магния);

- соотношение цены природного газа и твердого топлива;

- стоимость квот на выброс CO_2 (более актуально для «сухого» способа производства оксида магния, в котором выбросы CO_2 более значительны);

- стоимость инвестиций в оборудование для использования конкретного вида топлива (хранение, транспортирование, сушка, подготовка, обеспечение мер безопасности).

При хранении сыпучих материалов (продуктов и/или твердого топлива) экономический эффект зависит от конкретных условий производства, в связи с чем используют достаточно много технических решений, рассчитать стоимость и вклад которых не представляется возможным

Затраты на использование фильтров зависят от размеров и производительности печей обжига. В странах ЕС стоимость тканевого фильтра составляет 35–55 тыс. евро (без стоимости дополнительного оборудования). Стоимость электрофильтров, как правило, на 10 % — 15 % выше.

При «мокрой» очистке промвыбросов и пылеудалении необходимо также учитывать расходы на скрубберную жидкость (абсорбент) и затраты на очистку отработанной жидкости (абсорбента). Использование циклонов характеризуется относительно низкими затратами по сравнению с применением тканевых (рукавных) фильтров и электрофильтров.

На основании имеющейся информации проведена приблизительная оценка стоимости создания новых производств по технологиям, соответствующих критериям НДТ и показателям, приведенным в настоящем справочнике НДТ по производствам оксида магния и гидроксида магния «мокрым» способом и по производству хлорида магния методом выпаривания растворов бишофита.

Так, ориентировочные затраты на создание нового производства оксида магния «мокрым» способом мощностью 25–35 тыс. т/год, отвечающего критериям НДТ, в том числе экологическим и технологическим показателям, приведенным в настоящем справочнике НДТ, составляют в пределах 1,55–1,80 млрд рублей, при этом на долю строительно-монтажных работ, как правило, приходится немногим более 50 % всех затрат. Срок строительства такого производства составляет от 3 до 4 лет.

Ориентировочные затраты на создание нового производства гидроксида магния «мокрым» способом мощностью 20–30 тыс. т/год, отвечающего критериям НДТ, в том числе экологическим и технологическим показателям, приведенным в настоящем справочнике НДТ, находятся в пределах 750–950 млн рублей, при этом на долю строительно-монтажных работ приходится около 50 % всех затрат. Срок строительства нового производства по указанной технологии составляет от 2,5 до 3,5 лет.

Ориентировочные затраты на создание производства хлорида магния методом выпаривания растворов бишофита мощностью 25–30 тыс. т/год, отвечающего критериям НДТ, в том числе экологическим и технологическим показателям, приведенным в настоящем справочнике НДТ, составляют от 90 до 150 млн рублей, при этом на долю строительно-монтажных работ, как правило, приходится 70 % — 80 % всех затрат. Весьма низкая доля затрат на основное и вспомогательное технологическое оборудование, инструменты и материалы объясняется простотой технологического процесса производства магния хлорида гексагидрата.

Срок строительства такого производства составляет от 9 месяцев до 1 года, что определяет высокую инвестиционную привлекательность данной технологии производства.

Более детальное и полное отражение экономических аспектов реализации наилучших доступных технологий в производствах оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния в рамках настоящего справочника НДТ не представлялось возможным в связи с ограниченным объемом или отсутствием необходимых сведений, поступивших от предприятий данной отрасли промышленности.

Раздел 7. Перспективные технологии

7.1 Перспективные технологии производства оксида магния

В настоящее время для производства оксида магния «сухим» способом перспективные технологии не рассматриваются ввиду недостаточности данных о наличии, результатах апробирования и характеристиках таких технологий.

Для производства оксида магния «мокрым» способом в Российской Федерации представляет собой вполне определенную перспективу технология, основанная на первоначальном взаимодействии раствора бишофита с суспензией гидроксида кальция (известковым молоком) с одновременным получением двух целевых продуктов — гидроксида магния и раствора хлорида кальция $CaCl_2$. Образующийся гидроксид магния отделяют фильтрацией от раствора хлорида кальция и после промывки от примеси хлорида кальция используют для получения оксида магния путем кальцинации (дегидратации). Образующийся на первой стадии процесса раствор хлорида кальция используют для получения более концентрированных товарных растворов или для получения твердого гранулированного хлорида кальция. Химизм технологического процесса описывается следующими реакциями:

$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 + CaCl_2$$

$$Mg(OH)_2 = MgO + H_2O$$

Эта перспективная технология позволяет практически нацело использовать магниевые и кальциевые компоненты, содержащиеся в исходном сырье, для получения сразу двух целевых товарных продуктов — оксида магния и хлорида кальция, и соответственно характеризуется более низким суммарным сырьевым индексом технологии, эффективным ресурсосбережением и достаточно низким уровнем эмиссий в окружающую среду.

Другие перспективные технологии производства оксида магния «мокрым» способом в настоящем справочнике НДТ не рассматриваются ввиду недостаточности информации о наличии, результатах апробирования и ключевых характеристиках таких технологий.

7.2 Перспективные технологии производства гидроксида магния

В настоящее время для производства гидроксида магния «сухим» способом перспективные технологии не рассматриваются ввиду недостаточности данных о наличии, результатах апробирования и характеристиках таких технологий.

Для производства гидроксида магния «мокрым» способом в Российской Федерации представляет собой определенную перспективу технология, основанная на первоначальном взаимодействии раствора бишофита с суспензией гидроксида кальция (известковым молоком) с одновременным получением двух целевых продуктов — гидроксида магния и раствора хлорида кальция ($CaCl_2$). Химизм технологического процесса описывается следующей реакцией:

$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 + CaCl_2$$

Образующийся гидроксид магния отделяют фильтрацией от раствора хлорида кальция и после промывки от примеси хлорида кальция, сушки и измельчения фасуют в соответствующую упаковку. Образующийся на первой стадии процесса раствор хлорида кальция используют для получения более концентрированных товарных растворов или для получения твердого гранулированного хлорида кальция путем упаривания (сушки) исходного раствора хлорида кальция. Эта перспективная технология позволяет практически нацело использовать магниевые и кальциевые компоненты, содержащиеся в исходном сырье, для получения сразу двух целевых товарных продуктов — гидроксида магния и хлорида кальция, и соответственно характеризуется более низким суммарным сырьевым индексом технологии, эффективным ресурсосбережением и достаточно низким уровнем эмиссий в окружающую среду, в том числе по сравнению с отдельными производствами хлорида кальция и гидроксида магния, реализованными в промышленном масштабе в Российской Федерации.

Кроме того, в последние годы ООО «Промышленная инновация» активно предлагается к опытно-промышленной реализации многостадийная технология получения гидроксида магния «мокрым» способом, основанная на предварительном выщелачивании сульфата магния из отходов производства (добычи), содержащих минерал серпентинит (гидросиликат магния), с последующим взаимодействием водного раствора

сульфата магния с аммиачной водой и регенерацией аммиака и аммиачной воды из образующегося сульфата аммония.

Предлагаемая технология производства гидроксида магния описывается следующими основными химическими реакциями:

$$3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O + 6NH_4HSO_4 = 3MgSO_4 + 3(NH_4)_2SO_4 + 2SiO_2 + 2H_2O$$

$$MgSO_4 + 2NH_4OH = Mg(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$

$$(NH_4)_2SO_4 = NH_4HSO_4 + NH_3$$

$$NH_3 + H_2O = NH_4OH$$

Эта технология характеризуется использованием в качестве исходного и относительно доступного минерального сырья — крупнотоннажных отходов добычи и производства асбеста и хромитовой руды, а также одновременным получением второго попутного продукта — гидратированного диоксида кремния (кремневой кислоты или «белой сажи»), который находит широкое применение в различных отраслях промышленности. Однако имеющихся в свободном доступе литературных данных недостаточно для того, чтобы более полно и системно оценить перспективу внедрения этой технологии в промышленном масштабе и провести детальное сравнение с технологиями, представленными в настоящем справочнике НДТ.

Другие перспективные технологии производства гидроксида магния «мокрым» способом в настоящем справочнике НДТ не рассматриваются ввиду недостаточности информации о наличии, результатах апробирования и ключевых характеристиках таких технологий.

7.3 Перспективные технологии производства хлорида магния

В настоящее время при производстве хлорида магния (дихлорида магния гексагидрата) перспективные технологии не рассматриваются ввиду недостаточности данных о наличии и характеристиках таких технологий. Существующая технология производства хлорида магния способом упаривания раствора бишофита в аппаратах погружного горения представляется на текущий момент наиболее оптимальной и энергетически эффективной, а также характеризуется низким сырьевым индексом процесса, высоким уровнем ресурсосбережения и весьма незначительным уровнем эмиссий загрязняющих веществ в окружающую среду.

Появление новых перспективных технологий производства хлорида магния может быть связано с разработкой, испытанием и внедрением аппаратов погружного горения иной, технически и энергетически более эффективной конструкции, а также с

внедрением систем более полной и эффективной рекуперации тепловой энергии образующихся промышленных выбросов (дымовых газов). То есть появление и внедрение новых перспективных технологий может быть связано с повышением общей энергоэффективности производственного процесса и снижением удельного потребления природного газа и энергии. Однако в период разработки настоящего справочника НДТ было недостаточно информации о наличии, результатах апробирования и характеристиках таких технологий или технологического оборудования для производства хлорида магния.

7.4 Общие рекомендации по перспективным технологиям производства

Вывод о том, какую перспективную технологию производства оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния следует выбрать для реализации в качестве наилучшей доступной технологии, необходимо основывать на следующих, не исчерпывающих критериях:

- наиболее низкие удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, в том числе наиболее низкий общий валовый выброс загрязняющих веществ от производства или от отдельной стадии процесса в пересчете на единицу продукции;

- наиболее низкий общий сырьевой индекс технологии в пересчете на производство единицы продукции (более эффективное ресурсосбережение);

- наименьшее удельное энергопотребление и наименьший расход энергоресурсов (топлива, оборотной воды, холода) на единицу продукции;

- наиболее эффективная и/или наименее энергоемкая система очистки промышленных выбросов и/или обеспыливания;

- возможность повторного или иного (альтернативного) использования отходов и сточных вод производства, в том числе после их регенерации или очистки (обработки).

Заключительные положения и рекомендации

Настоящий справочник НДТ подготовлен ТРГ 21. Наиболее активное участие в работе по сбору, обработке, анализу и систематизации информации, а также в написании текста справочника НДТ и его обсуждении приняли специалисты следующих организаций:

- АО «КАУСТИК» (г. Волгоград);

- ЗАО «НикоМаг» (г. Волгоград);

- Филиала ФГБУ «ЦЛАТИ по Южному Федеральному округу» — «ЦЛАТИ по Волгоградской области»;

- ФГУП «ВНИИ Сырьевые материалы и технологии».

При подготовке настоящего справочника НДТ были использованы материалы, полученные от российских производителей оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния в ходе обмена информацией, организованного Бюро НДТ в 2016 году. Кроме того, составители настоящего справочника НДТ учитывали результаты отечественных научно-исследовательских и диссертационных работ, маркетинговых исследований, а также российских и международных проектов, выполненных в Российской Федерации в 2011–2016 годах и опубликованных на сайтах в сети Интернет.

В связи с тем, что обмен информацией был проведен в очень сжатые сроки и получение надежных и обоснованных сведений по ряду предприятий и производств Российской Федерации было затруднено или невозможно, при разработке настоящего справочника НДТ были использованы также зарубежные материалы, в частности, справочник ЕС по наилучшим доступным технологиям «Европейская комиссия. Комплексное предотвращение и контроль загрязнения окружающей среды. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям. Производство цемента, извести и оксида магния. 2009 г.» (European Commission. Integrated Pollution and Control. Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries. May 2009 ([6]).

Общее заключение, которое можно сделать в результате подготовки настоящего справочника НДТ, состоит в том, что ведущие отечественные предприятия активно осуществляют внедрение современных технологических процессов и оборудования, разрабатывают и реализуют программы повышения энергоэффективности и экологической безопасности производства, ресурсосбережения. Тем не менее, цели, задачи и ожидаемые результаты перехода к технологическому нормированию на основе наилучших доступных технологий руководители предприятий понимают и оценивают по-разному.

Рекомендации составителей настоящего справочника НДТ основаны на следующем заключении.

Для продвижения и реализации идеи перехода к наилучшим доступным технологиям необходимо организовать масштабную информационно-просветительскую кампанию и систему подготовки кадров, в том числе повышение квалификации, получения дополнительного профессионального образования и т. п. Анализ и обсуждение сути

перемен призвано подготовить к ним предприятия и разъяснить основные мотивы и стимулы экологической модернизации национальной экономики.

Определенные составителями настоящего справочника НДТ наилучшие доступные технологии и соответствующие технологические показатели могут и должны быть уточнены при участии представителей российских предприятий. С этой целью необходимо привлечь их внимание при поддержке профильных ассоциаций, центров стандартизации и метрологии, а также территориальных управлений Росприроднадзора по субъектам Российской Федерации, высших учебных заведений, консультационных компаний, проектных, научных и иных организаций.

Эффективным инструментом актуализации настоящего справочника НДТ могут и должны стать пилотные проекты, к участию в которых целесообразно привлечь ведущих производителей оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния.

Целенаправленная работа над следующими изданиями ИТС 21 может быть продолжена с учетом реализации следующих мероприятий:

- сбор и систематизация данных о фактических расходах (инвестиции, эксплуатационные расходы), связанных с технологией, рассматриваемой в качестве НДТ;

- сбор и систематизация информации о затратах на эффективную реализацию технологий очистки промышленных выбросов, утилизации или очистки сточных вод;

- сбор и систематизация информации о соотношении между типом процесса, оборудования и образующимися отходами, выбросами, сбросами сточных вод;

- сбор и анализ информации о результатах мониторинга промышленных выбросов и периодичности мониторинга;

- анализ и использование документов, стандартов об общих принципах мониторинга;

- сбор информации об энергопотреблении различных типов печей и основного оборудования при производстве различных видов продукции;

- проведение исследований и систематизация данных о реализации мероприятий по снижению выбросов NO_x, CO, SO_2, CO_2, CH_4 и других загрязняющих веществ;

- сбор и анализ информации о содержании серы в сырье и используемом топливе и влиянии содержания серы на экономические показатели процесса;

- исследование и систематизация данных о частоте и продолжительности проскоков загрязняющих веществ при использовании электростатических осадителей (электрофильтров);

- изучение возможности использования (внедрения) перспективных технологий.

Процесс совершенствования и актуализации настоящего справочника НДТ должен отражать принцип последовательного улучшения — ключевой принцип современных систем менеджмента. Составители справочника НДТ «Производство оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния» надеются, что коллеги готовы разделить эту позицию и поддержать совершенствование документа и продвижение наилучших доступных технологий в указанном производстве.

Приложение А
(справочное)

Описание технологического процесса производства оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния

А.1 Описание технологического процесса производства оксида магния «сухим» способом

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
Исходный магнезит (магнезитовая руда)	Прием и подготовка (дробление) магнезита	Подготовленный магнезит	Дробилки, мельницы	Выбросы пыли в атмосферу; шум
Дробленый и классифицированный магнезит	Обжиг (кальцинация) магнезита	Каустическая магнезия (оксид магния)	Вращающаяся или многоподовая печь с горелками	Выбросы CO, CH_4, NO_2, NO, пыли в атмосферу; шум
Каустическая магнезия (активный оксид магния)	Измельчение (помол) и брикетирование каустической магнезии	Брикеты каустической магнезии		Выбросы пыли в атмосферу; шум
Брикеты каустической магнезии	Спекание каустической магнезии	Мертво спеченная магнезия	Шахтная печь	Выбросы CO, CH_4, NO_2, NO, пыли в атмосферу; шум

Окончание таблицы 34

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
Каустическая или мертво спеченная магнезия	Плавление оксида магния при получении периклаза	Периклаз	Электродуговая печь	Шум; тепловая эмиссия
Каустическая или мертво спеченная магнезия	Измельчение и рассев каустической или мертво спеченной магнезии	Измельченная и классифицированная магнезия	Мельницы, классификатор	Выбросы пыли в атмосферу; шум
Оксид магния	Фасовка и хранение продукта	Фасованный продукт	Установка фасовки	Выбросы пыли в атмосферу; шум

А.2 Описание технологического процесса производства оксида магния «мокрым» способом

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
Растворы хлорида магния и гидроксида натрия	Прием и подготовка сырья — растворов $MgCl_2$ и NaOH	Растворы хлорида магния и гидроксида натрия	Сборники (емкости) приема и хранения растворов $MgCl_2$ и NaOH	Незначительные выбросы $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ и NaOH в атмосферу
Растворы хлорида магния и гидроксида натрия	Синтез гидроксида магния	Суспензия $Mg(OH)_2$ в водно-солевом растворе	Реакторы, снабженные мешалками	Незначительные выбросы $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ и NaOH в атмосферу

Окончание таблицы 34

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
Влажный промытый кек гидроксида магния	Фильтрация и промывка гидроксида магния на фильтр-прессе	Влажный частично промытый кек гидроксида магния	Фильтр-пресс, сборник промывной воды	Сточные воды производства: водно-солевой раствор; шум
Влажный частично промытый кек $Mg(OH)_2$	Репульпация суспензии гидроксида магния в слабом растворе NaOH	Репульпированная суспензия $Mg(OH)_2$ Промывная вода	Репульпатор с мешалкой, сборник раствора гидроксида натрия	Сточные воды производства: промывные воды
Репульпированная суспензия $Mg(OH)_2$	Фильтрация и промывка гидроксида магния на фильтр-прессе	Влажный промытый кек гидроксида магния	Фильтр-пресс, сборники обессоленной воды и промывной воды	Сточные воды производства; выбросы NaCl (минимальны); шум
Влажный промытый кек гидроксида магния	Обжиг (кальцинация) гидроксида магния	Горячий оксид магния; дымовые газы с пылью MgO	Многоподовая печь с горелками и перемешивающим устройством	Выбросы CO, CH_4, NO_2, NO, пыли в атмосферу; шум
Горячий оксид магния	Охлаждение оксида магния	Охлажденный оксид магния	Охладитель	Выбросы пыли MgO в атмосферу
Охлажденный оксид магния	Фасовка и хранение оксида магния	Фасованный продукт	Фасовочное оборудование	Выбросы пыли MgO в атмосферу

А.3 Описание технологического процесса производства гидроксида магния «мокрым» способом

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
Растворы хлорида магния и гидроксида натрия	Прием и подготовка сырья — растворов $MgCl_2$ и NaOH	Растворы хлорида магния и гидроксида натрия	Сборники (емкости) приема и хранения растворов $MgCl_2$ и NaOH	Незначительные выбросы $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ и NaOH в атмосферу
Растворы хлорида магния и гидроксида натрия	Синтез гидроксида магния	Суспензия $Mg(OH)_2$ в водно-солевом растворе	Реакторы, снабженные мешалками	Незначительные выбросы $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ и NaOH в атмосферу
Суспензия гидроксида магния в водно-солевом растворе	Автоклавирование и охлаждение автоклавированной суспензии гидроксида магния	Суспензия гидроксида магния в водно-солевом растворе	Автоклавы	Шум, вибрация; значительное потребление тепла в виде пара; тепловая эмиссия
Суспензия гидроксида магния в водно-солевом растворе	Фильтрация и промывка гидроксида магния	Влажный промытый кек гидроксида магния; водно-солевой раствор	Фильтр-пресс, сборники обессоленной воды и сточной (промывной) воды	Производственные потери; сточные воды производства; выбросы NaCl (минимальны)
Влажный промытый кек гидроксида магния Природный газ	Сушка и измельчение гидроксида магния	Измельченный сухой продукт Промышленные выбросы	Роторно-вихревая мельница; рукавные фильтры	Максимальная эмиссия в виде выбросов CO, CH_4, NO_2, NO, пыли в воздух; шум

Окончание таблицы 34

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
Измельченный продукт	Фасовка и хранение гидроксида магния	Фасованный продукт	Фасовочное оборудование	Выбросы пыли $Mg(OH)_2$; шум

А.4 Описание технологического процесса производства хлорида магния

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
Раствор хлорида магния	Прием, хранение, подготовка сырья	Раствор $MgCl_2$	Емкости хранения раствора бишофита	Незначительные выбросы $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ в воздух
Раствор бишофита с массовой долей $MgCl_2$ 29,0 % — 34,5 % Природный газ Воздух	Выпаривание раствора бишофита в аппарате выпарном с погружной горелкой (АПГ) с использованием природного газа	Расплав бишофита $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ Газо-аэрозольные промышленные выбросы	Аппарат выпарной с погружной горелкой (АПГ)	Максимальная эмиссия в виде выбросов $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, CO, CH_4, NO_2, NO, HCl; основная эмиссия в виде отходов (отходы чистки АПГ)

Окончание таблицы 34

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
Расплав бишофита $MgCl_2 \cdot 6H_2O$	Кристаллизация и дробление (чешуирование) или гранулирование и кристаллизация бишофита	Чешуированный или гранулированный продукт $MgCl_2 \cdot 6H_2O$	Ленточный кристаллизатор; гранулятор	Незначительные выбросы $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ в воздух; потери продукта (отходы)
Чешуированный или гранулированный продукт $MgCl_2 \cdot 6H_2O$	Фасовка и отгрузка хлорида магния гексагидрата $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (бишофита)	Фасованный продукт — хлорид магния $MgCl_2 \cdot 6H_2O$	Установка фасовки и паллетирования	Незначительные выбросы $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ в воздух

Приложение Б
(справочное)

Уровни потребления топлива и сырьевых материалов

Б.1 Удельный расход сырья и энергоресурсов на производство 1 т оксида магния «сухим» способом

Наименование сырья и энергоресурса	Удельный расход, единица измерения	
	Минимальный	Максимальный
Природный газ	176 нм^3	310 нм^3
Нефтяной кокс	240 кг	393 кг
Топливный мазут	190 кг	330 кг
Магнезит	2,500 т	2,850 т
Электроэнергия	75–200 кВт·ч	3500–4500 кВт·ч
Вода оборотная	Нет данных	Нет данных
Тепловая энергия в паре	6,0 ГДж	14,0 ГДж
Кислород	50 нм^3	150 нм^3

Б.2 Удельный расход сырья и энергоресурсов на производство 1 т оксида магния «мокрым» способом

Наименование сырья и энергоресурса	Удельный расход, единица измерения	
	Минимальный	Максимальный
Водный раствор бишофита с массовой долей $MgCl_2$ 32 %	5,8 м^3	6,2 м^3
Натр едкий технический в пересчете на 100 % NaOH	2,0 т	2,2 т
Вода обессоленная	50 м^3	70 м^3
Вода оборотная	10,0 ГДж	10,9 ГДж
Природный газ	800 нм^3	1100 нм^3
Тепловая энергия в паре	20,8 ГДж	23,1 ГДж
Электроэнергия	700 кВт·ч	900 кВт·ч

Окончание таблицы 34

Наименование сырья и энергоресурса	Удельный расход, единица измерения	
	Минимальный	Максимальный
Воздух осушенный технологический	220 м^3	270 м^3

Б.3 Удельный расход сырья и энергоресурсов на производство 1 т гидроксида магния «мокрым» способом

Наименование сырья и энергоресурса	Удельный расход, единица измерения	
	Минимальный	Максимальный
Водный раствор бишофита с массовой долей $MgCl_2$ 32 %	4,1 м^3	4,3 м^3
Натр едкий технический в пересчете на 100 % NaOH	1,47 т	1,57 т
Вода обессоленная	40 м^3	60 м^3
Вода оборотная	6,4 ГДж	7,5 ГДж
Природный газ	260 нм^3	290 нм^3
Тепловая энергия в паре	10,0 ГДж	16,0 ГДж
Электроэнергия	1000 кВт·ч	1500 кВт·ч
Воздух осушенный технологический	110 м^3	130 м^3

Б.4 Удельный расход сырья и энергоресурсов на производство 1 т хлорида магния методом выпаривания растворов бишофита

Наименование сырья и энергоресурса	Удельный расход, единица измерения	
	Минимальный	Максимальный
Водный раствор бишофита с массовой долей $MgCl_2$ 32 %	1,19 м^3	1,21 м^3
Натр едкий технический в пересчете на 100 % NaOH	0,4 кг	0,8 кг
Природный газ	55 нм^3	110 нм^3
Тепловая энергия в паре	0,22 ГДж	0,60 ГДж

Окончание таблицы 34

Наименование сырья и энергоресурса	Удельный расход, единица измерения	
	Минимальный	Максимальный
Электроэнергия	40 кВт·ч	100 кВт·ч
Холод	0,27 ГДж	0,84 ГДж
Воздух сжатый	30 $нм^3$	80 $нм^3$

Приложение В
(обязательное)

Перечень маркерных загрязняющих веществ для атмосферного воздуха

В.1 Перечень маркерных веществ производства оксида магния «сухим способом»

Наименование вещества	Брутто-формула	ПДК в воздухе рабочей зоны по [23], мг/м^3	ПДК в атмосферном воздухе населенных мест по [24], мг/м^3	Класс опасности вещества по [26]
Оксиды азота (в пересчете на NO_2)	NO	5*	0,4 (м.р.)* / 0,06 (с.с.)**	III
Диоксид азота	NO_2	2*	0,085 / 0,04	III
Диоксид серы	SO_2	10*	0,5 / 0,05	III
Оксид углерода	CO	20*	5 / 3	IV
Метан	CH_4	7000*	50 (ОБУВ) ([25])	IV
Оксид магния	MgO	4*	0,4 / 0,05	IV

В.2 Перечень маркерных веществ производства оксида магния «мокрым способом»

Наименование вещества	Брутто-формула	ПДК в воздухе рабочей зоны по [23], мг/м^3	ПДК в атмосферном воздухе населенных мест по [24], мг/м^3	Класс опасности вещества по [26]
Азота оксиды (в пересчете на NO_2)	NO	5*	0,4 (м.р.)* / 0,06 (с.с.)**	III
Диоксид азота	NO_2	2*	0,085 / 0,04	III
Оксид углерода	CO	20*	5 / 3	IV
Метан	CH_4	7000*	50 (ОБУВ) [25]	IV
Гидроксид натрия	NaOH	0,5*	0,01 (ОБУВ) [25]	II

Наименование вещества	Брутто-формула	ПДК в воздухе рабочей зоны по [23], мг/м^3	ПДК в атмосферном воздухе населенных мест по [24], мг/м^3	Класс опасности вещества по [26]
Хлорид натрия	NaCl	5*	0,5 / 0,15	III
Дихлорид магния гекса-гидрат	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	2*	0,1 (ОБУВ) [25]	III
Оксид магния	MgO	4*	0,4 / 0,05	IV
* Приведена максимально разовая ПДК (ОБУВ). ** Приведена средне-суточная ПДК.				

В.3 Перечень маркерных веществ производства гидроксида магния «сухим способом»

Наименование вещества	Брутто-формула	ПДК в воздухе рабочей зоны по [23], мг/м^3	ПДК в атмосферном воздухе населенных мест по [24], мг/м^3	Класс опасности вещества по [26]
Азота оксиды (в пересчете на NO_2)	NO	5*	0,4 (м.р.)* / 0,06 (с.с.)**	III
Диоксид азота	NO_2	2*	0,085 / 0,04	III
Диоксид серы	SO_2	10*	0,5 / 0,05	III
Оксид углерода	CO	20*	5 / 3	IV
Метан	CH_4	7000*	50 (ОБУВ) [25]	IV
* Приведена максимально разовая ПДК. ** Приведена средне-суточная ПДК.				

В.4 Перечень маркерных веществ производства гидроксида магния «мокрым способом»

Наименование вещества	Брутто-формула	ПДК в воздухе рабочей зоны по [23], мг/м^3	ПДК в атмосферном воздухе населенных мест по [24], мг/м^3	Класс опасности вещества по [26]
Азота оксиды (в пересчете на NO_2)	NO	5*	0,4 (м.р.)* / 0,06 (с.с.)**	III
Диоксид азота	NO_2	2*	0,085 / 0,04	III
Оксид углерода	CO	20*	5 / 3	IV
Метан	CH_4	7000*	50 (ОБУВ) [25]	IV
Гидроксид натрия	NaOH	0,5*	0,01 (ОБУВ) [25]	II
Хлорид натрия	NaCl	5*	0,5 / 0,15	III
Магния дихлорид гекса-гидрат	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	2*	0,1 (ОБУВ) [25	III
* Приведена максимально разовая ПДК. ** Приведена среднесуточная ПДК.				

В.5 Перечень маркерных загрязняющих веществ производства хлорида магния

Наименование вещества	Брутто-формула	ПДК в воздухе рабочей зоны по [23], мг/м^3	ПДК в атмосферном воздухе населенных мест по [24], мг/м^3	Класс опасности вещества по [26]
Азота оксиды (в пересчете на NO_2)	NO	5*	0,4 (м.р.)* / 0,06 (с.с.)**	III
Диоксид азота	NO_2	2*	0,085 / 0,04	III
Оксид углерода	CO	20*	5 / 3	IV
Метан	CH_4	7000*	50 (ОБУВ) [25]	IV
Магния дихлорид гекса-гидрат	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	2*	0,1 (ОБУВ) [25]	III
Хлорид водорода (гидрохлорид)	HCl	5*	0,2 / 0,1	II

Наименование вещества	Брутто-формула	ПДК в воздухе рабочей зоны по [23], мг/м^3	ПДК в атмосферном воздухе населенных мест по [24], мг/м^3	Класс опасности вещества по [26]
* Приведена максимально разовая ПДК (ОБУВ). ** Приведена средне-суточная ПДК.				

Приложение Г
(обязательное)

Перечень НДТ, позволяющих сократить эмиссии в окружающую среду, потребление сырья, воды, энергии и снизить образование отходов

Номер НДТ	Наименование НДТ
1	НДТ для выполнения на постоянной основе мониторинга и измерений параметров процесса и выбросов загрязняющих веществ
2	НДТ для минимизации расхода магнезита или бишофита
3	НДТ для снижения расхода тепловой энергии в зависимости от технологического процесса и вида продукции
4	НДТ для минимизации расхода электроэнергии
5	НДТ по применению мер безопасности при работе при производстве оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния
6	НДТ для сокращения (минимизации) неорганизованных выбросов технологической пыли
7	НДТ для снижения выбросов газообразных веществ (NO_x, SO_2, HCl, CO, CO_2, CH_4) с дымовыми газами печного процесса
8	НДТ для снижения выбросов NO_x в промышленных выбросах (дымовых газах)
9	НДТ для снижения выбросов SO_2 в промышленных выбросах (дымовых газах)
10	НДТ для снижения выбросов CO и CO_2 в промышленных выбросах (дымовых газах)
11	НДТ для снижения выбросов HCl и HF путем использования топлива с пониженным содержанием хлора и фтора
12	НДТ для снижения (минимизации) выбросов пыли с дымовыми газами печного процесса
13	НДТ для снижения и предотвращения производственных потерь
14	НДТ для снижения (минимизации) уровня шума при производстве

Номер НДТ	Наименование НДТ
15	НДТ с использованием гидроксида кальция в качестве щелочного агента (вместо гидроксида натрия)

Приложение Д
(обязательное)

Технологические показатели производства оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния

Д.1 Технологические показатели производства оксида магния «сухим» способом

Перечень технологических показателей, единицы измерения			Диапазон значений	Европейские технологические показатели (по справочнику ЕС)
	1 Энергопотребление, ГДж/т	Длинные вращающиеся печи Вращающиеся печи Шахтные печи Электродуговые печи	 6–14 5,1–8,0 	 6–12 5,1–7,8
	2 Выбросы NO_x, мг/м^3	Длинные вращающиеся печи Вращающиеся печи Шахтные печи	 650–5000 	 650–5000
	3 Выбросы CO, мг/м^3	Длинные вращающиеся печи Вращающиеся печи Шахтные печи	 35–1000 	 33–1000

Перечень технологических показателей, единицы измерения			Диапазон значений	Европейские технологические показатели (по справочнику ЕС)
	4 Выбросы CH_4, мг/м^3	Длинные вращающиеся печи Вращающиеся печи Шахтные печи	Не определены Не определены Не определены	Не определены Не определены Не определены
	5 Выбросы SO_2, мг/м^3	Длинные вращающиеся печи Вращающиеся печи Шахтные печи	10–5000	10–5000
	6 Выбросы HCl, мг/м^3	Длинные вращающиеся печи Вращающиеся печи Шахтные печи	Не определены Не определены Не определены	—
	7 Выбросы пыли (оксид магния), мг/м^3	Дробилки, мельницы; классификатор	20–400	20–400
	8 Сырьевой индекс технологии, т/т продукта	Дробилки, мельницы; вращающиеся или шахтные печи; электродуговые печи	2,500–2,850	—

Таблица Д.1.1 — Выбросы маркерных загрязняющих веществ в атмосферный воздух при производстве оксида магния «сухим» способом

Наименование загрязняющего вещества	Единица измерений	Масса выбросов загрязняющего вещества до очистки в расчете на 1 т продукта		Источники выбросов загрязняющего вещества	Метод очистки	Масса выбросов загрязняющего вещества после очистки в расчете на 1 т продукта	
		Диапазон	Среднее			Диапазон	Среднее
Оксид азота	кг/т	0,02–0,20	Нет данных	Стадия обжига	—	—	—
Диоксид азота	кг/т	0,1–2,0	Нет данных	Стадия обжига	—	—	—
Оксид углерода	кг/т	0,8–5,0	Нет данных	Стадия обжига	—	—	—
Диоксид серы	кг/т	0,05–0,20	Нет данных	Стадия обжига	—	—	—
Оксид магния	кг/т	2–200	Нет данных	Пневмотранспорт, фасовка	Фильтрация	0,2–1,0	0,5
Метан	кг/т	0,1–8,0	Нет данных	Стадия обжига	—	—	—
Углеводороды	кг/т	0,01–0,20	Нет данных	Стадия обжига	—	—	—

Таблица Д.1.2 — Отходы производства и потребления при производстве оксида магния «сухим» способом

Наименование отхода	Класс опасности	Единица измерения	Масса образования отхода в расчете на 1 т продукта		Источник образования	Метод очистки	Масса размещенного отхода в расчете на 1 т продукта	
			Диапазон	Среднее			Диапазон	Среднее
Отходы зачистки оборудования и уборки просыпей при производстве оксида магния	4	кг/т	0,80–1,50	Нет данных	Основное оборудование, фасовка	—	0,80–1,50	—
Фильтровальная ткань полиэфирная, загрязненная пылью оксида магния	4	кг/т	0,01–0,1	Нет данных	Очистка промышленных выбросов	—	0,01–0,1	—
Фильтровальная ткань полпропиленовая, загрязненная пылью оксида магния	4	кг/т	0,01–0,1	Нет данных	Очистка промышленных выбросов	—	0,01–0,1	—

Таблица Д.1.3 — Сбросы загрязняющих веществ в водный объект от производства оксида магния «сухим» способом

Наименование загрязняющего вещества, показателя	Единица измерения	Масса сбросов загрязняющего вещества до очистки в расчете на 1 т продукта		Источник сброса загрязняющего вещества	Направление сброса (в водный объект, ЦСВ*)	Метод очистки или повторного использования	Масса сбросов загрязняющего вещества после очистки в расчете на 1 т продукта	
		Диапазон	Среднее				Диапазон	Среднее
Сухой остаток	кг/т	1,0–50,0	Нет данных	—	В водный объект	Нет данных	Нет данных	Нет данных
Взвешенные вещества	кг/т	0,1–0,50	Нет данных	—	В водный объект	Нет данных	Нет данных	Нет данных
ХПК*	кг/т	0,03–0,40	Нет данных	—	В водный объект	Нет данных	Нет данных	Нет данных
Сульфат-анион	кг/т	0,01–0,50	Нет данных	—	В водный объект	Нет данных	Нет данных	Нет данных

* ХПК — химическое потребление кислорода.

Д.2 Технологические показатели производства оксида магния «мокрым» способом

Перечень технологических показателей, оборудования, единицы измерения			Диапазон значений	Европейские технологические показатели (по справочнику ЕС)
	1 Энергопотребление (тепловая энергия), ГДж/т	Многоподовая печь, основное и вспомогательное технологическое оборудование	20,8–23,1	—
	2 Газ природный, тыс. $м^3$/т	Многоподовая печь, газовые горелки	0,8–1,1	—

Перечень технологических показателей, оборудования, единицы измерения			Диапазон значений	Европейские технологические показатели (по справочнику ЕС)
	3 Выбросы NO, мг/м^3	Многоподовая печь	2–60	—
	4 Выбросы NO_2, мг/м^3	Многоподовая печь	2–300	—
	5 Выбросы CO, мг/м^3	Многоподовая печь	50–600	—
	6 Выбросы CH_4, мг/м^3	Многоподовая печь	10 00–20 000	—
	7 Выбросы MgO, мг/м^3	Электрофильтр (электростатический осадитель)	10–300	—
	8 Выбросы MgO, мг/м^3	Фильтр кассетный силосный	5–100	—
	9 Выбросы MgO, мг/м^3	Фильтр рукавный	5–50	—
	10 Выбросы $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, мг/м^3	Емкости хранения раствора бишофита	0,001–1500	—
	11 Выбросы NaOH, мг/м^3	Емкости хранения раствора щелочи	0,001–5000	—
	12 Выбросы NaCl, мг/м^3	Сборники водно-солевого раствора, сточных и промывных вод	0,001–15 000	—
	13 Сырьевой индекс технологии, т/т продукта	Реакторы синтеза, репульпаторы, фильтр-пресс, конвейер, многоподовая печь, силосы, установка фасовки	4,347–4,660	—

Таблица Д.2.1 — Выбросы маркерных загрязняющих веществ в атмосферный воздух при производстве оксида магния «мокрым» способом

Наименование загрязняющего вещества	Единица измерения	Масса выбросов загрязняющего вещества до очистки в расчете на 1 т продукта		Источники выбросов загрязняющего вещества	Метод очистки	Масса выбросов загрязняющего вещества после очистки в расчете на 1 т продукта	
		Диапазон	Среднее			Диапазон	Среднее
Оксид азота	кг/т	0,02–0,20	0,10	Дымовые газы	—	0,02–0,20	0,10
Диоксид азота	кг/т	0,1–1,5	0,5	Дымовые газы	—	0,1–1,5	0,5
Оксид углерода	кг/т	0,8–4,2	1,8	Дымовые газы	—	0,8–4,2	1,8
Метан	кг/т	0,1–8,1	3,3	Дымовые газы	—	0,1–8,1	3,3
Оксид магния	кг/т	2–200	50	Пневмотранспорт	Фильтрация	0,22–0,90	0,47
Хлорид гексагидрат магния ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$)	кг/т	0,03–0,15	0,07	Емкости хранения бишофита	—	0,03–0,15	0,07
Гидроксид натрия (NaOH)	кг/т	0,02–0,08	0,05	Емкости хранения щелочи	—	0,02–0,08	0,05
Хлорид натрия (NaCl)	кг/т	0,01–0,03	0,02	Сборники водно-солевого раствора	—	0,01–0,03	0,02

Таблица Д.2.2 — Отходы производства и потребления при производстве оксида магния «мокрым» способом

Наименование отхода	Класс опасности	Единица измерения	Масса образования отхода в расчете на 1 т продукта		Источник образования	Метод очистки или утилизации	Масса размещенного отхода в расчете на 1 т продукта	
			Диапазон	Среднее			Диапазон	Среднее
Отходы зачистки оборудования и уборки просыпей при производстве оксида магния	4	кг/т	0,80–1,50	1,0	Стадии фильтрации, сушки, измельчения и фасовки гидроксида магния	Нейтрализация и очистка сточных вод	0,80–1,50	1,0
Фильтровальная ткань полиэфирная, загрязненная пылью оксида магния	4	кг/т	0,01–0,08	0,04	Выделение и очистка воздуха от оксида магния	—	0,01–0,08	0,04

Таблица Д.2.3 — Сбросы загрязняющих веществ в водный объект от производства оксида магния «мокрым» способом

Наименование загрязняющего вещества, показателя	Единица измерения	Масса сбросов загрязняющего вещества до очистки в расчете на 1 т продукта		Источник сброса	Направление сброса (в водный объект, ЦСВ*)	Метод очистки, повторного использования	Масса сбросов загрязняющего вещества после очистки в расчете на 1 т продукта	
		Диапазон	Среднее				Диапазон	Среднее
Хлорид-анион	кг/т	1760–1850	1800	Синтез $Mg(OH)_2$	ЦСВ, БОС**	Добыча рассола NaCl	0–1850	1500
Сухой остаток	кг/т	2900–3100	3000	Синтез $Mg(OH)_2$	ЦСВ, БОС**	Добыча рассола NaCl	0–3100	2000
Взвешенные вещества	кг/т	0–20	5	Синтез $Mg(OH)_2$	ЦСВ, БОС**	Добыча рассола NaCl	0–2,0	1,0
ХПК (химическое потребление кислорода)	кг/т	1–100	50	Синтез $Mg(OH)_2$	ЦСВ, БОС**	Добыча рассола NaCl	0–50	30
Сульфат-анион	кг/т	0–5	0,5	Синтез $Mg(OH)_2$	ЦСВ, БОС**	Добыча рассола NaCl	0–0,5	0,25

* ЦСВ — централизованная система отведения.

** БОС — биологические очистные сооружения.

Д.3 Технологические показатели производства гидроксида магния «мокрым» способом

Перечень технологических показателей, оборудования, единицы измерения			Диапазон значений	Европейские технологические показатели (по справочнику ЕС)
	1 Энергопотребление (тепловая энергия), ГДж/т	Мельница, классификатор, основное технологическое оборудование, конвейер, фильтр-пресс, установка фасовки	10,0–16,0	—
	2 Газ природный, тыс. $м^3$/т	Сушилка, газовые горелки	0,26–0,28	—
	3 Выбросы NO, мг/$м^3$	Вентилятор-дымосос	2–50	—
	4 Выбросы NO_2, мг/$м^3$	Вентилятор-дымосос	15–300	—
	5 Выбросы CO, мг/$м^3$	Вентилятор-дымосос	50–600	—
	6 Выбросы CH_4, мг/$м^3$	Вентилятор-дымосос	5 000–20 000	—
	7 Выбросы $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, мг/$м^3$	Емкости хранения раствора бишофита	0,001–1500	—
	8 Выбросы NaOH, мг/$м^3$	Емкости хранения раствора щелочи	0,001–5000	—
	9 Выбросы NaCl, мг/$м^3$	Сборники водно-солевого раствора, сточных и промывных вод	0,001–15 000	—
	10 Выбросы пыли (гидроксида магния), мг/$м^3$	Классификатор, силос, фильтр кассетный силосный, фильтр рукавный, вентилятор	0,001–10 000	—
	11 Выбросы пыли (гидроксида магния), мг/$м^3$	Комплектная установка фасовки и паллетирования	0,001–10 000	—

Перечень технологических показателей, оборудования, единицы измерения			Диапазон значений	Европейские технологические показатели (по справочнику ЕС)
	12 Сырьевой индекс технологии, т/т продукта	Реакторы синтеза, автоклавы, фильтр-пресс, роторно-вихревая мельница, сушилка, классификатор, установка фасовки	3,005–3,430	—

Таблица Д.3.1 — Выбросы маркерных загрязняющих веществ в атмосферный воздух при производстве гидроксида магния «мокрым» способом

Наименование загрязняющего вещества	Единица измерений	Масса выбросов загрязняющего вещества до очистки в расчете на 1 т продукта		Источники выбросов загрязняющего вещества	Метод очистки	Масса выбросов загрязняющего вещества после очистки в расчете на 1 т продукта	
		Диапазон	Среднее			Диапазон	Среднее
Оксид азота	кг/т	0,01–0,25	0,05	Дымовые газы	—	0,01–0,25	0,05
Диоксид азота	кг/т	0,05–0,65	0,30	Дымовые газы	—	0,05–0,65	0,30
Оксид углерода	кг/т	0,20–2,05	1,10	Дымовые газы	—	0,20–2,05	1,10
Метан	кг/т	0,20–2,20	1,95	Дымовые газы	—	0,20–2,20	1,95
Магния хлорид гексагидрат $MgCl_2 \cdot 6H_2O$	кг/т	0,05–0,15	0,10	Емкости хранения раствора бишофита	—	0,05–0,15	0,10

Окончание таблицы Д.3.1

Наименование загрязняющего вещества	Единица измерений	Масса выбросов загрязняющего вещества до очистки в расчете на 1 т продукта		Источники выбросов загрязняющего вещества	Метод очистки	Масса выбросов загрязняющего вещества после очистки в расчете на 1 т продукта	
		Диапазон	Среднее			Диапазон	Среднее
Натрия гидроксид NaOH	кг/т	0,01–0,09	0,04	Емкости хранения щелочи	—	0,01–0,09	0,04
Натрия хлорид NaCl	кг/т	0,01–0,05	0,03	Сборники водно-солевого раствора	—	0,01–0,05	0,03
Пыль гидроксида магния $Mg(OH)_2$	кг/т	20–200	100	Силосы, бункеры, установка фасовки	Фильтрация	0,21–0,75	0,47

Окончание таблицы Д.3.2

Таблица Д.3.2 — Отходы производства и потребления при производстве гидроксида магния «мокрым» способом

Наименование отхода	Класс опасности для °С	Единица измерения	Масса образования отхода в расчете на 1 т продукта		Источник образования	Метод очистки, утилизации	Масса размещенных отходов в расчете на 1 т продукта	
			Диапазон	Среднее			Диапазон	Среднее
Отходы зачистки оборудования и уборки просыпей при производстве гидроксида магния	4	кг/т	0,20–0,50	0,30	Стадия сушки, стадия фасовки гидроксида магния	Нейтрализация и очистка сточных вод	0,20–0,50	0,30
Фильтровальная ткань полиэфирная, загрязненная пылью гидроксида магния	4	кг/т	0,015–0,035	0,020	Очистка выбросов от пыли гидроксида магния	—	0,015–0,035	0,020

Наименование отхода	Класс опасности для °С	Единица измерения	Масса образования отхода в расчете на 1 т продукта		Источник образования	Метод очистки, утилизации	Масса размещенных отходов в расчете на 1 т продукта	
			Диапазон	Среднее			Диапазон	Среднее
Фильтровальная ткань полипропиленованя, отработанная, загрязненная кеком, гидроксида магния	4	кг/т	0,80–1,10	0,91	Стадия фильтрации и промывки гидроксида магния	—	0,80–1,10	0,91
Фильтровальная ткань полиэфирная, отработанная, загрязненная раствором магния хлористого (бишофитом)	4	кг/т	0,005–0,009	0,006	Стадия подготовки (очистки) раствора хлорида магния	—	0,005 - 0,009	0,006

Таблица Д.3.3 — Сбросы загрязняющих веществ в водный объект от производства гидроксида магния «мокрым» способом

Наименование загрязняющего вещества, показателя	Единица измерения	Масса сбросов загрязняющего вещества до очистки в расчете на 1 т продукта		Источник сброса	Направление сброса (в водный объект, ЦСВ*)	Метод очистки или повторного использования	Масса сбросов загрязняющего вещества после очистки в расчете на 1 т продукта	
		Диапазон	Среднее				Диапазон	Среднее
Хлорид-анион	кг/т	1215–1400	1280	Стадия фильтрации	ЦСВ, БОС **	Добыча рассола NaCl	1210–1300	1280
Сухой остаток	кг/т	2010–2300	2115	Стадия фильтрации	ЦСВ, БОС**	Добыча рассола NaCl	0,1–2300	2115
Взвешенные вещества	кг/т	0–20	10	Стадия фильтрации	ЦСВ, БОС**	Добыча рассола NaCl	0,01–20	5
ХПК (химическое потребление кислорода)	кг/т	1–100	50	Стадия фильтрации	ЦСВ, БОС**	Добыча рассола NaCl	0,01–100	30
Сульфат-анион	кг/т	0,001–5	0,1	Стадия фильтрации	ЦСВ, БОС**	Добыча рассола NaCl	0,001–0,5	0,1

Окончание таблицы Д.3.3

Наименование загрязняющего вещества, показателя	Единица измерения	Масса сбросов загрязняющего вещества до очистки в расчете на 1 т продукта		Источник сброса	Направление сброса (в водный объект, ЦСВ*)	Метод очистки или повторного использования	Масса сбросов загрязняющего вещества после очистки в расчете на 1 т продукта	
		Диапазон	Среднее				Диапазон	Среднее
* ЦСВ — централизованная система отведения. ** БОС — биологические очистные сооружения.								

Д.4 Технологические показатели производства хлорида магния

Перечень технологических показателей, оборудования, единицы измерения			Диапазон значений	Европейские технологические показатели (по справочнику ЕС)
	Энергопотребление (тепловая энергия), ГДж/т	Аппарат выпарной с погружной горелкой (АПГ), кристаллизатор или гранулятор, другое технологическое оборудование	0,22–0,60	—
	Природный газ, тыс. $м^3$/т	Аппарат выпарной с погружной горелкой (АПГ)	0,055–0,110	—
	Выбросы NO, мг/$м^3$	АПГ, скруббер Вентури	0,02–10,0	—
	Выбросы NO_2, мг/$м^3$	АПГ, скруббер Вентури	0,1–50,0	—
	Выбросы CO, мг/$м^3$	АПГ, скруббер Вентури	10–600	—

Перечень технологических показателей, оборудования, единицы измерения			Диапазон значений	Европейские технологические показатели (по справочнику ЕС)
	Выбросы CH_4, мг/м^3	АПГ, скруббер Вентури	10–600	—
	Выбросы HCl, мг/м^3	АПГ, скруббер Вентури	5–100	—
	Выбросы $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, мг/м^3	АПГ, скруббер Вентури	0,1–1500	—
	Выбросы $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, мг/м^3	Циклон с водяной пленкой ЦВП-5	0,1–1500	—
	Сырьевой индекс технологии, т/т продукта	АПГ, скруббер Вентури, циклон с водяной пленкой, кристаллизатор, гранулятор, установка фасовки и паллетирования	1,555–1,601	—

Таблица Д.4.1 — Выбросы маркерных загрязняющих веществ в атмосферный воздух при производстве хлорида магния

Наименование загрязняющего вещества	Единица измерений	Масса выбросов загрязняющего вещества до очистки в расчете на 1 т продукта		Источники выбросов загрязняющего вещества	Метод очистки	Масса выбросов загрязняющего вещества после очистки в расчете на 1 т продукта	
		Диапазон	Среднее			Диапазон	Среднее
Оксид азота	кг/т	0,004–0,10	0,06	АПГ*	—	0,004–0,10	0,06
Диоксид азота	кг/т	0,02–0,60	0,36	АПГ*	—	0,02–0,60	0,36
Оксид углерода	кг/т	0,1–1,55	1,35	АПГ*	—	0,1–1,55	1,35
Метан	кг/т	0,2–3,0	2,45	АПГ*	—	0,2–3,0	2,45

Наименование загрязняющего вещества	Единица измерений	Масса выбросов загрязняющего вещества до очистки в расчете на 1 т продукта		Источники выбросов загрязняющего вещества	Метод очистки	Масса выбросов загрязняющего вещества после очистки в расчете на 1 т продукта	
		Диапазон	Среднее			Диапазон	Среднее
Магния дихлорид гексагидрат	кг/т	3,05–7,05	5,82	АПГ*, скруббер Вентури	—	3,05–7,05	5,82
Магния дихлорид гексагидрат	кг/т	1,05–3,05	2,25	Кристаллизатор	Циклон с водяной пленкой	0,05–0,45	0,25
Хлорид водорода	кг/т	0,15–2,05	0,80	АПГ*	Скруббер-Вентури	0,05–0,46	0,23
* АПГ — аппарат выпарной с погружной горелкой.							

Таблица Д.4.2 — Отходы производства и потребления при производстве хлорида магния

Наименование отхода	Класс опасности для °С	Единица измерения	Масса отхода до очистки в расчете на 1 т продукта		Источник образования	Метод очистки, утилизации	Масса размещенного отхода в расчете на 1 т продукта	
			Диапазон	Среднее			Диапазон	Среднее
Сметки хлористого магния в его производстве	4	кг/т	0,02–0,04	0,025	Стадии кристаллизации и фасовки магния хлорида	Очистка сточных вод	0,02–0,04	0,025

Наименование отхода	Класс опасности для °С	Единица измерения	Масса отхода до очистки в расчете на 1 т продукта		Источник образования	Метод очистки, утилизации	Масса размещенного отхода в расчете на 1 т продукта	
			Диапазон	Среднее			Диапазон	Среднее
Отходы зачистки оборудования упарки раствора магния хлористого при производстве магния хлористого	4	кг/т	0,20–0,80	0,47	Стадия выпаривания раствора бишофита в АПГ *	Нейтрализация и очистка сточных вод	0,20–0,80	0,47
Солевой раствор при промывке оборудования производства хлорида магния	4	кг/т	6,0–8,5	7,0	Стадии выпаривания, кристаллизации, гранулирования	Использование в качестве антигололедного состава	6,0–8,5	7,0

* АПГ — аппарат выпарной с погружной горелкой.

Таблица Д.4.3 — Сбросы загрязняющих веществ в водный объект от производства хлорида магния

Наименование загрязняющего вещества, показателя	Единица измерения	Масса сбросов загрязняющего вещества до очистки в расчете на 1 т продукта		Источник сброса загрязняющего вещества	Направление сброса (в водный объект, ЦСВ*)	Метод очистки или повторного использования	Масса сбросов загрязняющего вещества после очистки в расчете на 1 т продукта	
		Диапазон	Среднее				Диапазон	Среднее
Хлорид-анион	кг/т	0,1–20,0	0,6	Скруббер Вентури	ЦСВ, БОС**	Добыча рассола NaCl	0–20,0	0,5
Сухой остаток	кг/т	1,0–50,0	1,32	Скруббер Вентури	ЦСВ, БОС**	Добыча рассола NaCl	0–50,0	1,3
Взвешенные вещества	кг/т	0,01–0,10	0,03	Скруббер Вентури	ЦСВ, БОС**	Добыча рассола NaCl	0,005–0,05	0,01
ХПК	кг/т	0,03–0,20	0,07	Скруббер Вентури	ЦСВ, БОС**	Добыча рассола NaCl	0–0,10	0,03
Сульфат-анион	кг/т	0–0,30	0,03	Скруббер Вентури	ЦСВ, БОС**	Добыча рассола NaCl	0–0,30	0,03

* ЦСВ — централизованная система отведения.
** БОС — биологические очистные сооружения.

Приложение Е
(обязательное)

Энергоэффективность

Е.1 Краткая характеристика отрасли с точки зрения ресурсо- и энергопотребления

Е.1.1 Производство оксида магния является энергоемким производством с потреблением энергии до 60 % — 65 % от общих расходов на производство.

Для производства оксида магния «сухим способом» используются осадочные карбонатные горные породы (магнезит), состоящие из карбоната магния с примесью карбоната кальция, диоксида кремния и других неорганических соединений.

Сырье поступает на склад во фракционированном или нефракционированном виде. В печах используют газообразное и/или жидкое топливо.

Средний удельный расход энергии «сухим» способом в Российской Федерации составляет в пределах 6–12 ГДж/т.

Средний удельный расход электроэнергии для производства каустической магнезии (CCM) и спеченной магнезии (DBM) «сухим» способом составляет около 75–200 кВт·ч/т.

Средний удельный расход электроэнергии для производства плавленой магнезии (периклаза) «сухим» способом в электродуговых печах составляет около 3500–4500 кВт·ч/т, при этом расход электроэнергии для производства очень чистого периклаза может превышать указанные значения в два раза и более.

Для производства оксида магния «мокрым» способом используется раствор (рассол) природного минерала хлорида магния гексагидрата — бишофита, содержащего хлорид магния в пределах 29,0 % — 34,5 % и примеси галогенидов натрия, кальция и сульфата магния.

Сырье поступает на производство непосредственно с рудника по трубопроводу в виде исходного раствора бишофита. В печах используют газообразное топливо — природный газ.

Средний удельный расход тепловой энергии при производстве оксида магния «мокрым» способом в Российской Федерации составляет в пределах 20,8–23,1 ГДж/т.

Средний удельный расход электроэнергии «мокрым» способом производства оксида магния в Российской Федерации составляет около 700–900 кВт·ч/т (в условиях применения многоподовой печи).

Е.1.2 Производство гидроксида магния «мокрым способом» является материалоемким производством вследствие использования относительно дорогостоящего исходного сырья — раствора гидроксида натрия (щелочи, едкого натра).

Для производства гидроксида магния «мокрым» способом используют раствор (рассол) природного минерала хлорида магния гексагидрата — бишофита, содержащего хлорид магния в пределах 29,0 % — 34,5 % и примеси галогенидов натрия, кальция и сульфата магния, а также водный раствор гидроксида натрия (щелочи).

Исходное сырье поступает в производство по трубопроводу непосредственно с рудника (месторождения бишофита) в виде исходного раствора бишофита и от производства едкого натра в виде водного раствора гидроксида натрия с массовой долей NaOH до 46,5 %.

Для сушки целевого продукта используют газообразное топливо — природный газ, который сжигают в специальных горелках с последующим опосредованным нагревом воздуха образующимися дымовыми газами.

Средний удельный расход энергии «мокрым» способом производства в Российской Федерации за 2015 год составляет в пределах 10,0–16,0 ГДж/т.

Средний удельный расход электроэнергии «мокрым» способом в Российской Федерации за 2015 год составляет около 1000–1500 кВт·ч/т.

Е.1.3 Производство хлорида магния является относительно энергоемким производством с долей расходов на тепловую энергию в пределах 40 % — 60 % от общих расходов на производство.

Средний удельный расход тепловой энергии при использовании аппаратов выпарных с погружной горелкой в Российской Федерации за 2015 год составляет в пределах 0,22–0,60 ГДж/т.

Средний удельный расход электроэнергии при производстве хлорида магния в Российской Федерации за 2015 год составляет около 40–100 кВт·ч/т.

Е.1.4 Внедрение энергосберегающих технологий, снижение общего расхода энергии (тепла, холода, оборотной воды, электроэнергии) на единицу продукции, рациональная организация расхода топлива и сырья, являются актуальными задачами данной отрасли промышленности (см. 2.1 и 3.1).

Е.2 Основные технологические процессы, связанные с использованием энергии

Технологические процессы, связанные с приемом, хранением, подготовкой и измельчением исходного сырья (магнезита) приведены в 2.1.1.1.

Основные характеристики используемого топлива, технологические процессы подготовки и сжигания топлива приведены в 2.1.1.2, 2.1.2.2, 2.2.1.2 и 2.3.1.2.

Е.3 Уровни потребления топлива и сырьевых материалов

Е.3.1 Удельный расход сырьевых материалов на производство 1 т оксида магния «сухим» способом приведен в 3.1.1 и приложении Б.

Удельный расход топлива на производство 1 т оксида магния «сухим» способом приведен в 3.1.2 и приложении Б.

Удельный расход энергии на производство 1 т оксида магния «сухим» способом приведен в 3.1.3 и приложении Б.

Е.3.2 Удельный расход сырьевых материалов на производство 1 т оксида магния «мокрым» способом приведен в 3.2.1 и приложении Б.

Удельный расход топлива на производство 1 т оксида магния «мокрым» способом приведен в 3.2.2 и приложении Б.

Удельный расход энергии на производство 1 т оксида магния «мокрым» способом приведен в 3.2.3 и приложении Б.

Е.3.3 Удельный расход сырьевых материалов на производство 1 т гидроксида магния приведен в 3.3.1 и приложении Б.

Удельный расход топлива на производство 1 т гидроксида магния — приведен в 3.3.2 и приложении Б.

Удельный расход энергии на производство 1 т гидроксида магния приведен в 3.3.3 и приложении Б.

Е.3.4 Удельный расход сырьевых материалов на производство 1 т хлорида магния приведен в 3.4.1 и приложении Б.

Удельный расход топлива на производство 1 т хлорида магния приведен в 3.4.2 и приложении Б.

Удельный расход энергии на производство 1 т хлорида магния приведен в 3.4.3 и приложении Б.

Е.4 Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности, оптимизацию и сокращение ресурсопотребления в производстве

Номер НДТ	Наименование НДТ	Раздел/пункт справочника
НДТ 2	НДТ для минимизации расхода магнезита или бишофита	5.1.2
НДТ 3	НДТ для снижения расхода тепловой энергии в зависимости от технологического процесса и вида продукции	5.1.3
НДТ 4	НДТ для снижения и предотвращения производственных потерь	5.1.4
НДТ 15	НДТ с использованием гидроксида кальция в качестве щелочного агента (вместо гидроксида натрия)	5.1.15

Е.5 Экономические аспекты реализации НДТ, направленные на повышение энергоэффективности, оптимизацию и сокращение ресурсопотребления

При выборе топлива для производства оксида магния, гидроксида магния и хлорида магния следует учитывать следующие показатели:

- стоимость самого топлива, которая может составлять 30 % — 70 % стоимости продукции;

- соотношение меняющейся цены природного газа и жидкого топлива;

- стоимость инвестиций в оборудование для использования конкретного топлива (хранение, транспортирование, сушка, измельчение, обеспечение мер безопасности) (см. раздел 6).

Наиболее актуален и экономически обоснован выбор топлива для производства оксида магния «сухим» способом. Для других производств наиболее эффективным, экономически и технически доступным и обоснованным видом топлива является природный газ.

Для производства оксида магния «мокрым» способом и производства гидроксида магния «мокрым» способом представляет интерес и экономически перспективно внедрение НДТ с использованием суспензии известкового молока (гидроксида кальция) вместо гидроксида натрия (щелочи). Эта технология позволяет одновременно получать

два целевых ликвидных продукта, суммарно сокращая энерго- и ресурсопотребление двух производств:

- оксид магния и хлорид кальция;
- гидроксид магния и хлорид кальция.

Приложение Ж
(обязательное)

Основные и дополнительные виды деятельности с учетом областей применения НДТ, а также действующих в Российской Федерации кодов ОКВЭД и видам деятельности ОКПД

Коды ОКВЭД, соответствующие области применения ИТС НДТ МАГ,

Код по ОКВЭД	Наименование вида деятельности по ОКВЭД
24.13	Производство прочих основных неорганических химических веществ

Коды ОКПД, соответствующие области применения ИТС НДТ МАГ,

Код по ОКПД	Наименование продукции по ОКПД
08.91.19.190	Сырье минеральное для химических производств и продукты горнодобывающих производств прочие, не включенные в другие группировки
08.99.29.140	Карбонат магния (магнезит) природный, магнезия и прочие оксиды магния
20.13.25.114	Гидроксид и пероксид магния
20.13.25.119	Оксиды, гидроксиды и пероксиды прочие
20.13.31.000	Галогениды металлов
20.13.52.110	Соединения неорганические, не включенные в другие группировки
23.99.19.190	Продукция минеральная неметаллическая прочая, не включенная в другие группировки

Библиография

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям».

2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 г. № 2674-р «Перечень областей применения наилучших доступных технологий».

3. ПНСТ 21—2014 «Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника».

4. ПНСТ 22—2014 «Наилучшие доступные технологии. Термины и определения».

5. ПНСТ 23—2014 «Наилучшие доступные технологии. Формат описания технологий».

6. Справочник ЕС по наилучшим доступным технологиям «Европейская комиссия. Комплексное предотвращение и контроль загрязнения окружающей среды. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям. Производство цемента, извести и оксида магния. 2009 г.». (European Commission. Integrated Pollution and Control. Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries. May 2009.

7. Приказ Федеральной службы по техническому регулированию и метрологии от 23 июня 2015 г. № 863 «Об утверждении порядка сбора данных, необходимых для разработки информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям и анализа приоритетных проблем отрасли» (зарегистрирован Минюстом Российской Федерации 4 сентября 2015 г.).

8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р «Об утверждении поэтапного графика создания в 2015–2017 годах справочников наилучших доступных технологий» (ред. от 30 декабря 2015 г.).

9. Кнунянц И. Л. и др. // Химическая энциклопедия. Т. 2. — М. : Советская энциклопедия, 1990. — 671 с.

10. ГОСТ 844–79 Магнезия жженая техническая. Технические условия.

11. Шапорев В. П., Сердюков О. Э., Алаа Файад Макки, Нечипоренко Д. Д. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, № 6/4 (36), 2008 г., С. 31–38.

12. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях к пожарной безопасности» (ред. от 3 июля 2016 г.).

13. ГОСТ 7759—73 Магний хлористый технический (бишофит). Технические условия.

14. ГОСТ 4209—77 Реактивы. Магний хлористый 6-водный. Технические условия.

15. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08 июля 2015 г. № 1316-р «Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования Российской Федерации в области охраны окружающей среды».

16. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ред. от 3 июля 2016 г.).

17. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control).

18. Федеральный закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (ред. от 28 декабря 2014 г.).

19. Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 марта 2015 г. № 665 «Методические рекомендации по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии».

20. Федеральный закон от 24 июня 1998 года № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (ред. от 3 июля 2016 г.).

21. Федеральный закон от 4 мая 1999 года № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» (ред. от 13 июля 2015 г.).

22. Федеральный закон от 7 декабря 2011 г. № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» (ред. от 29 декабря 2015 г.).

23. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 30 апреля 2003 г. № 76 «О введении в действие гигиенических нормативов ГН 2.2.5.1313—03» (с изменениями и дополнениями).

24. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 30 мая 2003 г. № 114 «О введении в действие гигиенических нормативов ГН 2.1.6.1338—03 Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

25. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 19 декабря 2007 г. № 92 «Об утверждении ГН 2.1 июня 2309 г.–07. «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

26. ГОСТ 12.1.007—76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

gost.e-ecolog.ru