



**исследовательская группа**

Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,  
металлургии и химической промышленности

---

# Обзор рынка извести в России

*Издание 5-е  
дополненное и переработанное*

*Демонстрационная версия*

*Москва  
Март, 2010*

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Аннотация .....</b>	<b>10</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Технология производства извести и используемое в промышленности сырье.....</b>	<b>15</b>
1.1. Теоретические основы и технология производства извести .....	15
1.2. Запасы и месторождения известняков в России .....	26
1.2.1. Размещение и состояние запасов флюсовых известняков .....	26
1.2.2. Размещение и состояние запасов карбонатного сырья для химической промышленности .....	27
1.2.3. Размещение и состояние запасов карбонатного сырья для сахарной и целлюлозно-бумажной промышленности .....	28
1.3. Направления поставок сырья для производства извести .....	34
<b>2. Требования, предъявляемые к качеству извести .....</b>	<b>36</b>
2.1. Металлургическая известь.....	36
2.2. Строительная известь.....	36
<b>3. Производство извести в России .....</b>	<b>38</b>
3.1. Статистика производства извести в России в 2000-2009 гг.....	38
3.2. Региональная структура производства извести в России .....	41
3.3. Сезонность производства извести .....	48
3.4. Характеристика основных предприятий по производству извести .....	50
3.4.1. ОАО "Сода" (Респ. Башкортостан).....	50
3.4.2. ОАО "Березниковский содовый завод" (Пермский край).....	54
3.4.3. ОАО "Новолипецкий металлургический комбинат" (Липецкая обл.) .....	58
3.4.4. ОАО "Магнитогорский металлургический комбинат" (Челябинская обл.).....	61
3.4.5. ОАО "Западно-Сибирский металлургический комбинат" (Кемеровская обл.).....	64
3.4.6. ОАО "Северсталь" (Вологодская обл.).....	67
3.4.7. ОАО "Нижнетагильский металлургический комбинат" (Свердловская обл.).....	70
3.4.8. ОАО "Угловский известковый комбинат" (Новгородская обл.).....	74
3.4.9. ОАО "Солигаличский известковый комбинат" (Костромская обл.) .....	78
3.4.10. ООО "Придонхимстрой Известь" (Воронежская обл.) .....	80
3.4.11. ЗАО "Елецизвесть" (Липецкая обл.) .....	85
3.4.12. ЗАО "Клинцовский силикатный завод" (Брянская обл.) .....	87
3.4.13. ЗАО "Копаниценский комбинат строительных материалов" (Воронежская обл.).....	88
3.4.14. ОАО "Стройматериалы" (Белгородская обл.) .....	91

3.4.15. Новые предприятия .....	95
3.5. Проекты по созданию в России новых предприятий по производству извести, проекты по модернизации существующих технологий .....	99
3.6. Поставки извести в России, основные поставщики и потребители .....	101
<b>4. Потребление извести в России .....</b>	<b>106</b>
4.1. Баланс производства-потребления извести в 2000-2009 гг. ....	106
4.2. Отраслевая структура потребления извести .....	108
4.2.1. Черная металлургия .....	109
4.2.2. Цветная металлургия .....	112
4.2.3. Промышленность строительных материалов .....	114
4.2.4. Химическая промышленность .....	116
4.2.5. Сахарная промышленность .....	118
4.2.6. Целлюлозно-бумажная промышленность .....	120
4.2.7. Предприятия энергетики (электрические и тепловые станции) и коммунального хозяйства .....	122
4.3. Региональная структура потребления извести в России .....	124
4.4. Сезонность поставок извести .....	126
<b>5. Обзор цен на известь в России .....</b>	<b>128</b>
5.1. Обзор внутренних цен на известь в 2001-2009 гг. ....	128
5.2. Обзор экспортно-импортных цен на известь в 2000-2009 гг. ....	133
5.3. Прогноз ценовой конъюнктуры до 2015 г. ....	136
<b>6. Перспективы и прогноз развития рынка .....</b>	<b>137</b>
6.1. Прогноз производства извести на период до 2015 г. ....	137
6.2. Прогноз развития отраслей, потребляющих известь .....	138
6.2.1. Металлургическая промышленность .....	138
6.2.2. Промышленность строительных материалов .....	142
6.2.3. Химическая промышленность .....	144
6.2.4. Сахарная промышленность .....	146
6.2.5. Целлюлозно-бумажная промышленность .....	148
6.3. Прогноз потребления извести в России в 2010-2015 гг. ....	150
<b>Приложение .....</b>	<b>152</b>

Список таблиц

- Таблица 1. Сортность и нормируемые показатели качества карбонатных пород для производства строительной извести
- Таблица 2. Сортность и виды строительной извести в зависимости от класса используемых карбонатных пород при соблюдении требуемых теплотехнических условий их обжига
- Таблица 3. Географическое размещение балансовых запасов флюсовых известняков
- Таблица 4. Географическое размещение балансовых запасов известняков, учитываемых балансом "Карбонатное сырье для химической промышленности"
- Таблица 5. Географическое размещение балансовых запасов карбонатного сырья для сахарной и целлюлозно-бумажной промышленности
- Таблица 6. Крупнейшие месторождения известняков России
- Таблица 7. Используемое сырье и направления его поставок крупнейшим производителям извести в 2009 г.
- Таблица 8. Показатели качества извести металлургической
- Таблица 9. Требования к качеству воздушной извести
- Таблица 10. Требования к качеству гидравлической извести
- Таблица 11. Динамика выпуска извести крупнейшими производителями в 2000-2008 гг., тыс. т
- Таблица 12. Региональная структура производства извести в России в 2000-2009 гг., тыс. т
- Таблица 13. Сезонность производства извести в России в 2004-2009 гг., %
- Таблица 14. Показатели качества строительной извести производства ОАО "Сода"
- Таблица 15. Некоторые финансовые показатели ОАО "Сода" в 2004-2009 гг.
- Таблица 16. Некоторые финансовые показатели ОАО "Березниковский содовый завод" в 2004-2009 гг.
- Таблица 17. Поставки известняка в ОАО "НЛМК" в 2006-2009 гг., тыс. т
- Таблица 18. Некоторые финансовые показатели ОАО "НЛМК" в 2003-2008 гг., млрд руб.
- Таблица 19. Некоторые финансовые показатели ОАО "ММК" в 2003-2008 гг., млрд руб.
- Таблица 20. Объемы поставок флюсового известняка в ОАО "ЗСМК" в 2006-2009 гг., тыс. т
- Таблица 21. Некоторые финансовые показатели ОАО "ЗСМК" в 2003-2008 гг., млрд руб.
- Таблица 22. Некоторые финансовые показатели в ОАО "Череповецкий МК" в 2003-2008 гг., млрд руб.
- Таблица 23. Некоторые финансовые показатели ОАО "НТМК" в 2003-2008 гг., млрд руб.

- Таблица 24. Показатели качества извести производства ОАО "Угловский известковый комбинат"
- Таблица 25. Некоторые финансовые показатели ОАО "Угловский известковый комбинат" в 2003-2008 гг.
- Таблица 26. Показатели качества извести производства ОАО "Солигаличский известковый комбинат"
- Таблица 27. Показатели качества продукции ООО "Придонхимстрой Известь"
- Таблица 28. Показатели качества строительной извести, выпускаемой ЗАО "Елецизвесть" согласно ГОСТ 9179-77
- Таблица 29. Химический состав негашеной извести ЗАО "Копанищенский комбинат строительных материалов"
- Таблица 30. Химические характеристики извести по ГОСТ 9179-77
- Таблица 31. Показатели качества извести, выпускаемой ОАО "Стройматериалы"
- Таблица 32. Показатели качества гидратной извести, выпускаемой ОАО "Стройматериалы"
- Таблица 33. Основные рынки сбыта извести, выпускаемой ОАО "Стройматериалы" в 2004-2009 гг., %
- Таблица 34. Некоторые финансовые показатели ОАО "Стройматериалы" в 2004-2009 гг., млн руб, %
- Таблица 35. Товарная структура поставок основных российских поставщиков извести в 2008-2009 гг., тыс. т
- Таблица 36. Направления и объемы поставок крупнейших производителей извести в 2007-2009 гг., тыс. т
- Таблица 37. Баланс производства-потребления извести в России в 2000-2009 гг., тыс. т
- Таблица 38. Расходные коэффициенты и объемы потребления извести в производстве основных видов продукции черной металлургии РФ в 2009 г.
- Таблица 39. Поставки извести основным потребителям промышленности строительных материалов в 2007-2009 гг., тыс. т
- Таблица 40. Поставки известняка на крупнейшие сахарные заводы в 2007-2009 гг., тыс. т
- Таблица 41. Поставки известняка на предприятия целлюлозно-бумажной промышленности в 2007-2009 гг., тыс. т
- Таблица 42. Поставки извести на предприятия целлюлозно-бумажной промышленности в 2007-2009 гг., тыс. т
- Таблица 43. Сезонность поставок извести в 2005-2008 гг., тыс. т, %
- Таблица 44. Средние цены на известь строительную и технологическую в России в 2001-2009 гг., руб/т
- Таблица 45. Среднегодовые цены на известь строительную и технологическую по РФ и федеральным округам в 2006-2009 гг., руб/т
- Таблица 46. Цены на известь некоторых российских предприятий в 2005-2009 гг., руб/т

Таблица 47. Темпы роста производства в отдельных отраслях промышленности России в 2000-2009 гг., % к предыдущему году

Таблица 48. Выполнение работ по договорам строительного подряда в России в 2000-2009 гг., млрд руб.

Таблица 49. Потребление извести в 2008-2009 гг. по отраслям и прогноз на период до 2015 г., млн т

Список рисунков

- Рисунок 1. Принципиальная технологическая схема производства извести
- Рисунок 2. Схема обжига молотого известняка в шахтной печи
- Рисунок 3. Схема обжига молотого известняка во вращающейся печи
- Рисунок 4. Динамика производства строительной и технологической извести в России в 2000-2009 гг., тыс. т
- Рисунок 5. Региональная структура производства извести в России в 2009 г. (по данным Росстата), %
- Рисунок 6. Региональная структура производства извести в России в 2009 г. (оценка "Инфомайн"), %
- Рисунок 7. Усредненная динамика производства извести в России в 2004-2009 гг., %
- Рисунок 8. Динамика производства основных видов продукции ОАО "Сода" в 2002-2009 гг., тыс. т
- Рисунок 9. Динамика производства основных видов продукции ОАО "Березниковский содовый завод" в 2002-2009 гг., тыс. т
- Рисунок 10. Динамика производства железорудного агломерата, стали (млн т), извести (тыс. т) ОАО "НЛМК" в 2003-2009 гг.
- Рисунок 11. Объемы добычи известняка ОАО "ММК" в 2000-2009 гг., млн т
- Рисунок 12. Динамика производства железорудного агломерата, стали (млн т), извести (тыс. т) ОАО "ММК" в 2003-2009 гг.
- Рисунок 13. Динамика производства железорудного агломерата, стали (млн т), извести (тыс. т) ОАО "ЗСМК" в 2003-2009 гг.
- Рисунок 14. Объемы добычи известняка ОАО "Северсталь" в 2000-2009 гг., млн т
- Рисунок 15. Динамика производства основных видов продукции ОАО "Северсталь" в 2003-2009 гг., млн т
- Рисунок 16. Динамика производства стали и извести ОАО "НТМК" в 2000-2009 гг., тыс. т
- Рисунок 17. Объемы производства основных видов продукции (тыс. т) и загрузка мощностей по выпуску извести (%) ОАО "Угловский известковый комбинат" в 2004-2009 гг.
- Рисунок 18. Объемы производства извести (тыс. т) и загрузка производственных мощностей (%) ОАО "СолиКом" в 2000-2009 гг.
- Рисунок 19. Технологическая схема производства извести в ООО "Придонхимстрой Известь"
- Рисунок 20. Объемы добычи мела и производства извести (тыс. т) и загрузка производственных мощностей (%) ООО "Придонхимстрой Известь" в 2000-2008 гг.
- Рисунок 21. Динамика производства извести ЗАО "Елецизвесть" в 2000-2009 гг., тыс. т
- Рисунок 22. Объемы добычи мела и производства извести ЗАО "Клинцовский силикатный завод" в 2004-2009 гг., тыс. т

- Рисунок 23. Динамика производства основных видов продукции ЗАО "Копанищенский комбинат стройматериалов" в 2000-2009 гг., тыс. т
- Рисунок 24. Динамика добычи мела и производства извести ОАО "Стройматериалы" в 2000-2009 гг., тыс. т
- Рисунок 25. Отраслевая структура потребления извести в России в 2009 г., %
- Рисунок 26. Региональная структура потребления извести в России в 2009 г., %
- Рисунок 27. Усредненная сезонность поставок извести в 2005-2008 гг., %
- Рисунок 28. Динамика средних цен на известь строительную и технологическую в России в 2001-2009 г., руб/т
- Рисунок 29. Динамика экспортно-импортных цен на известь в 2000-2008 гг. и за 9 мес. 2009 г., \$/т
- Рисунок 30. Среднегодовые цены на импортируемую в Россию известь в 2005-2008 гг. и за 9 мес. 2009 г., \$/т
- Рисунок 31. Среднегодовые цены на экспортируемую из России известь в 2005-2008 гг. и 9 мес. 2009 г., \$/т
- Рисунок 32. Прогноз производства извести в России в 2010-2015 гг., млн т
- Рисунок 33. Динамика производства основных видов продукции черной металлургии в 1991-2009 гг., млн т
- Рисунок 34. Динамика производства силикатного кирпича и блоков из ячеистого бетона в России в 2000-2009 гг., млн усл. кирпичей
- Рисунок 35. Динамика производства кальцинированной соды в России в 2000-2009 гг., тыс. т
- Рисунок 36. Динамика производства сахара в России в 1991-2009 гг., млн т
- Рисунок 37. Динамика производства целлюлозы и бумаги в России в 1995-2009 гг., тыс. т



## **Аннотация**

Настоящий отчет посвящен исследованию рынка извести в России. Отчет состоит из 6 глав, содержит 154 страницы, в том числе 49 таблиц, 37 рисунков и приложение.

При подготовке настоящего отчета экспертами "Инфолайн" использовались данные Федеральной службы государственной статистики РФ (Росстат), Федеральной таможенной службы РФ, статистики внутренних железнодорожных перевозок, материалы годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, материалы центральных и региональных СМИ, данные интернет-сайтов описываемых предприятий.

Первая глава отчета посвящена описанию технологии получения извести и анализу запасов сырья для ее производства в России. В частности, в этом разделе приведены сведения о количестве месторождений известняка, их географическом размещении, запасах и степени освоения, а также направлениях поставок сырья для выпуска извести.

Во второй главе рассмотрены требования к качеству извести, предъявляемые со стороны потребляющих отраслей промышленности.

В третьем разделе представлен анализ производства извести в России. Здесь приведены данные официальной статистики об объемах выпуска строительной и технологической извести в стране в 2000-2009 гг., оценена региональная структура производства, описаны ведущие производители данной продукции, включая имеющиеся производственные мощности, технологии обжига, качество продукции, объемы производства и направления поставок. Также в третьем разделе приводятся данные о существующих проектах по организации новых и модернизации действующих известковых производств.

Четвертая глава посвящена потреблению извести в России. В этом разделе приведен баланс производства-потребления исследуемой продукции, оценена отраслевая и региональная структура потребления, описано влияние фактора сезонности поставок.

В пятой главе проведен анализ ценовой конъюнктуры российского рынка извести. В этом разделе дана динамика цен российских производителей извести в 2001-2009 гг., текущие цены некоторых производителей, приведены динамики экспортно-импортных цен и сделан прогноз ценовой конъюнктуры российского рынка извести до 2015 г.

Шестая, заключительная, глава посвящена прогнозу производства извести в России на период до 2015 г. Также на основе прогноза развития потребляющих отраслей сделан прогноз потребления исследуемой продукции в стране в 2010-2015 гг.

В приложении приведены адреса и контактная информация ведущих российских производителей и потребителей извести.

## ВВЕДЕНИЕ

**Известь** (от греч. *asbestos* – неугасимый) – обобщенное название продуктов обжига и последующей переработки известняка, мела и других карбонатных пород. Данный продукт представляет собой смесь оксидов кальция и магния в различных пропорциях. Чистая известь – бесцветный продукт, плохо растворимый в воде (около 0,1% при 20°C); плотность около 3,4 г/см<sup>3</sup>.

По назначению в народном хозяйстве известь подразделяется на **строительную** и **технологическую**. При этом технологическую известь для собственных нужд производят, в основном, предприятия металлургической и химической промышленности.

По количеству содержащихся в извести силикатов и алюмоферритов кальция, придающих ей гидравлические свойства, различают **воздушную** и **гидравлическую** известь. Последняя получается при обжиге известняков, содержащих свыше 10% глины, называемых **мергелями**. Данный продукт отличается свойством твердеть под водой (давать гидравлический цемент). Гидравлическая известь, в отличие от воздушной, характеризуется большей прочностью при меньшей пластичности. По содержанию свободных оксидов Са и Mg гидравлическую известь подразделяют на **слабогидравлическую** (15-60% оксидов) и **сильногидравлическую** (1-15%).

Гидравлическую известь используют для изготовления штукатурных и кладочных растворов, пригодных для эксплуатации в сухих и влажных средах, легких и тяжелых бетонов низких марок, фундаментов и сооружений, подвергающихся действию воды.

Воздушная известь способна твердеть только в условиях воздушно-сухой среды. Твердение воздушной извести происходит в результате испарения воды и кристаллизации Са(ОН)<sub>2</sub> из насыщенного водного раствора, а также при взаимодействии с СО<sub>2</sub> воздуха с образованием кристаллов СаСО<sub>3</sub>.

В воздушной извести силикаты и алюмоферриты кальция составляют обычно 4-12%, в отдельных случаях до 20%. При содержании в извести 25-40% клинкерных минералов она проявляет слабые гидравлические свойства. Сильногидравлическая известь содержит силикаты и алюмоферриты кальция в количестве 40-90%.

По виду содержащегося в воздушной извести основного окисла она может быть:

- **кальцевой** (содержит 70-96% СаО и до 2% MgO);
- **магнезиальной** (маломagneзиальная известь состоит из 70-90% СаО и 2-5% MgO. В магнезиальной извести содержится 5-20% MgO);
- **доломитовой** (содержит 20-40% MgO).

В зависимости от вариантов дальнейшей обработки обожженного продукта различают несколько видов воздушной извести:

- **негашеную комовую известь** – кипелку, состоящую главным образом из СаО;

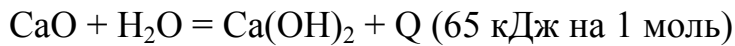
- **негашеную молотую известь** – порошкообразный продукт помола комовой извести;

- **гидратную известь (гашеная)** – пушонку – тонкий порошок, получаемый в результате гашения комовой извести определенным количеством воды и состоящий в основном из  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;

- **известковое тесто** – тестообразный продукт гашения комовой извести, состоящий в основном из  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и механически примешанной воды;

- **известковое молоко** – белая суспензия, в которой гидроксид кальция находится частично в растворенном, а частично во взвешенном состоянии.

Процесс гашения извести носит название гидратации и протекает с интенсивным выделением тепла, при этом ее объем увеличивается в 2-3 раза. Объем впитываемой воды зависит от сорта извести – от 10 до 35 частей воды на 100 частей негашеной извести. Реакция гашения извести протекает по уравнению:



В процессе температура гасящейся извести может достигать таких значений, при которых возможно не только кипение воды, но и возгорание дерева. Само название негашеной извести – известь-кипелка обусловлено способностью ее выделять большое количество теплоты, вызывающей кипение воды.

Реакция гидратации оксида кальция обратима. Ее направление зависит от температуры и парциального давления водяных паров в окружающей среде. Упругость диссоциации гидроксида кальция достигает атмосферного давления при  $547^\circ\text{C}$ . Однако частичная дегидратация возможна и при более низких температурах ( $300\text{-}350^\circ\text{C}$ ) с образованием вторичного оксида кальция, обычно уплотненного и плохо гасящегося в дальнейшем, поэтому для быстрого и полного гашения извести необходимо присутствие избытка воды или насыщенных водяных паров.

По времени гашения все сорта воздушной негашеной извести подразделяют на три группы:

- **быстрогасящаяся** (время гашения не более 8 мин.);

- **среднегасящаяся** (время гашения не более 25 мин.);

- **медленногасящаяся** (время гашения не менее 25 мин.).

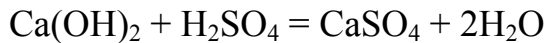
За скорость гашения принимается время от момента смешивания порошка извести с водой до момента достижения максимальной температуры смеси.

Гашение извести, вообще, производится двояко: первый и наиболее распространенный способ состоит в гашении ее в тесто, для чего известь обливают водой в кучах, или кладут в воду. Другой способ имеет целью гашение извести в порошок и выполняется либо постепенным гашением прослойками, т.е. над небольшими слоями материала друг за другом, либо погружением (в корзинах, сетках) в воду на несколько секунд. Таким образом

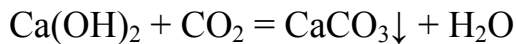
есть мокрое и сухое гашение – замачиванием или сбрызгиванием. Для строительной цели чаще употребляют гашение в тесто.

По *физическим свойствам* гашеная известь представляет собой белый порошок, мало растворимый в воде (растворимость гидроксида кальция в воде при 0°C – 0,173 г Ca(OH)<sub>2</sub>/100 г H<sub>2</sub>O, при 20°C – 0,166 г Ca(OH)<sub>2</sub>/100 г H<sub>2</sub>O).

По *химическим свойствам* гидроксид кальция является довольно сильным основанием, из-за чего водный раствор имеет щелочную реакцию. Как и все гидроксиды, реагирует с кислотами с образованием соответствующих солей кальция:

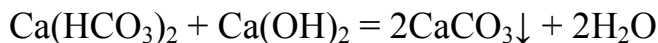


По этой же причине раствор гидроксида кальция мутнеет на воздухе, так как гидроксид кальция, как и другие сильные основания, реагирует с растворённым в воде углекислым газом:

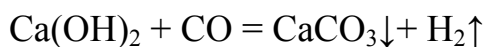


Основные свойства гашеной извести широко используют:

- для устранения жёсткости воды, нейтрализации кислых растворов (в том числе сточных вод производств). Реакция идёт по уравнению:



- для очистки газов от оксидов серы, углерода (при t 400°C):

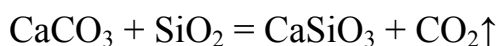


- для нейтрализации кислых почв в сельском хозяйстве и др.

Строительная известь широко используется для побелки помещений, в процессе приготовления известкового строительного раствора. Для этого берут одну часть оксида кальция, смешанную с водой, и примерно 3 части песка. В результате происходит затвердевание смеси по реакции:



Одновременно происходит и образование силиката кальция:



В процессе приготовления смеси выделяется вода. Это является отрицательным фактором, так как в помещениях, построенных с помощью известкового строительного раствора долгое время сохранится повышенная влажность. В связи с этим, а также благодаря ряду других преимуществ перед гидроксидом кальция, цемент практически вытеснил его в качестве связующего строительных растворов.

Гашеная известь применяется также для производства хлорной извести, удобрений, известкового теста и молока, обработки кож и др. Известняковый порошок применяется для приготовления асфальтобетона, асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Известняковая мука используется не только в

животноводстве и производстве комбикорма, но и применяется для нейтрализации кислотности почвы, а также в качестве удобрения.

Вообще, известь является одним из наиболее распространенных и разнообразно используемых химических продуктов, производимых и потребляемых по всему миру. Гашеная и негашеная известь использовалась во многих цивилизациях в течение более чем 3000 лет. Это объясняется доступностью сырья, простотой технологии и ценными свойствами извести.

Если ранее известь в основном применялась в качестве строительного материала, то в наше время ее использование приобрело существенно более широкий характер. Наиболее крупными потребителями данной продукции являются черная металлургия (известь используется в качестве флюсующего агента), строительная индустрия (в качестве вяжущего), целлюлозно-бумажная промышленность, химическая промышленность, сельское хозяйство, сахарная промышленность. Также в значительных объемах известь используется для охраны окружающей среды (нейтрализация сточных вод и дымовых газов).

В промышленно-развитых странах потребление извести в настоящее время составляет около 80 кг на душу населения в год. Общемировое производство извести, включая небольших производителей в развивающихся странах, а также производителей извести для собственных нужд (таких как металлургические заводы и целлюлозно-бумажные комбинаты), оценивается в 300 млн т в год. Из них на рынок поступает около 120 млн т в год. По объему производства извести Россия занимает одно из лидирующих мест, ежегодно выпуская 9-12 млн т этой продукции.

# 1. Технология производства извести и используемое в промышленности сырье

## 1.1. Теоретические основы и технология производства извести

**Сырьем** для получения извести служат широко распространенные осадочные горные породы: известняки, мел, доломиты, состоящие преимущественно из карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ). Карбонат кальция состоит из 56%  $\text{CaO}$  и 44%  $\text{CO}_2$ . Чем выше содержание в сырье карбоната кальция, тем более высококачественная известь может быть выработана из него.

Количество и вид примесей к карбонатным породам, размеры частей примесей, а также равномерность распределения их в основной массе в большей степени отражаются на технологии производства извести, выборе печей для обжига, оптимальной температуре и продолжительности обжига, а также на свойствах получаемого продукта. Обычно чистые и плотные известняки обжигают при 1100-1250°C. Чем больше карбонатная порода содержит примесей доломита, глины, песка, тем ниже должна быть оптимальная температура обжига для получения мягкообожжённой извести. Такая известь хорошо гасится водой и даёт тесто с высокими пластичными свойствами. Примеси гипса нежелательны. При содержании в извести даже около 0,5-1% гипс сильно снижает пластичность известкового теста. Значительно влияют на свойства и железистые примеси, которые уже при 1200°C и более вызывают образование в процессе обжига легкоплавких эвтектик, способствующих интенсивному росту крупных кристаллов оксида кальция, медленно реагирующих с водой при гашении извести и вызывающих явления, связанные с понятием "пережог".

В зависимости от химического состава карбонатные породы делят на семь классов: А, Б, В, Г, Д, Е, Ж (таблица 1).

**Таблица 1. Сортность и нормируемые показатели качества карбонатных пород для производства строительной извести**

Наименование показателей	Классы карбонатных пород						
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
Углекислый кальций ( $\text{CaCO}_3$ ), %, не менее	92	86	77	72	52	47	72
Углекислый магний ( $\text{MgCO}_3$ ), %, не более	5	6	20	20	45	45	8
Глинистые примеси ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ), %, не более	3	8	3	8	3	8	20

Карбонатные породы в зависимости от прочности подразделяются на твердые, средней твердости, мягкие и очень мягкие. Твердые (Т) с пределом прочности при сжатии в МПа ( $\text{кг/см}^2$ ) более 60 (600); средней твердости (СТ) от 30 до 60 (от 300 до 600); мягкие (М) от 10 до 30 (от 100 до 300); очень мягкие (ОМ) менее 10 (100). Прочность породы определяется в насыщенном водой состоянии.

Породы карбонатные (кроме М и ОМ) не должны содержать пылевидные, илестые и глинистые частицы, в т.ч. глину в комках, в количестве более 3%.

Карбонатные породы не должны содержать зерен пластинчатой или игловатой формы более 15% по массе.

Не допускается для обжига в шахтных печах поставка карбонатной породы, растрескивающейся при нагревании.

Источник: ФГУП "Стандартинформ"

Из сырья классов А и Б получают соответственно жирную (пластичную) и тощую маломagneзиальную известь, из сырья классов В и Г – магнезиальную, из сырья классов Д и Е – доломитовую, а из сырья класса Ж – гидравлическую известь.

Сортность получаемой при этом извести показана в таблице 2.

**Таблица 2. Сортность и виды строительной извести в зависимости от класса используемых карбонатных пород при соблюдении требуемых теплотехнических условий их обжига**

Класс карбонатных пород	Виды извести			
	Воздушно-кальциевая	Воздушно-магнезиальная	Воздушно-доломитовая	Гидравлическая
А	1 и 2 сорт	-	-	-
Б	2-3 сорт	-	-	-
В	-	1 и 2 сорт	-	-
Г	-	2-3 сорт	-	-
Д	-	-	1 и 2 сорт	-
Е	-	-	2-3 сорт	-
Ж	-	-	-	Класс Ж

Источник: ФГУП "Стандартинформ"

По структуре выделяют известняки (мраморовидные, плотные тонкозернистые, оолитовые), известковые туфы, известняки-ракушечники, мел.

Мрамор наиболее чистое сырьё по химическому составу. Однако в связи с высокими декоративными свойствами он используется в качестве отделочного материала, и поэтому в производстве извести, за редким исключением, не применяется.

Мел – мягкая рыхлая горная порода, легко рассыпающаяся на мелкие куски. Его обычно обжигают лишь во вращающихся печах, так как при обжиге в шахтных печах он легко крошится, что нарушает процесс обжига.

Плотные известняки имеют мелкозернистую кристаллическую структуру, содержат обычно небольшое количество примесей и отличаются высокой прочностью. Их наиболее широко используют для получения извести.

Отметим, что сырьём для производства воздушной извести могут служить не только специально добываемые для этой цели карбонатные породы, но и отходы при добыче известняков для нужд металлургической, химической, строительной и других отраслей промышленности. Для этой цели в ряде случаев используют побочные продукты в виде дисперсного карбоната кальция или гидроксида кальция (карбонатные отходы сахарного и содового производства, гидратная известь от производства ацетилена и др.).

**Производство** негашеной комовой извести состоит из следующих основных операций: добычи и подготовки известняка, подготовки топлива и обжига известняка.

Известняк добывают открытым способом в карьерах. Плотные известково-магнезиальные породы взрывают. Для этого вначале с помощью станков ударно-вращательного (при твердых породах) или вращательного бурения (при породах средней прочности) бурят скважины диаметром 105-150 мм глубиной 5-8 м и более на расстоянии 3,5-4,5 м одна от другой. В них закладывают надлежащее количество взрывчатого вещества (игданита, аммонита) в зависимости от прочности породы, мощности пласта и требуемых габаритов известняка. Полученную массу известняка в виде крупных и мелких кусков доставляют на дробление и сортировку.

Высококачественную известь можно получить только при обжиге известняка в виде кусков, мало различающихся по размерам. При обжиге известняка в кусках разного размера получается неравномерно обожженная известь (мелочь оказывается частично или полностью пережженной, сердцевина крупных кусков – необожженной). Кроме того, при загрузке шахтных печей известняком разного размера значительно увеличивается степень заполнения шахтной печи, а следовательно, уменьшается газопроницаемость материала, что затрудняет обжиг известняка.

Поэтому перед обжигом известняк соответствующим образом подготавливают: сортируют по размеру кусков и, если необходимо, более крупные негабаритные куски дробят. Это осуществляется на дробильно-сортировочной установке, работающей по замкнутому циклу с использованием щековых дробилок. Дробленый материал подвергается рассеву на грохотах, что обеспечивает постоянство фракционного состава.

**Обжиг** – основная технологическая операция в производстве негашеной извести. Как правило, обжигу подвергают твердые карбонатные породы в виде кусков, но возможна и тепловая обработка меловых шламов. При этом протекает ряд сложных физико-химических процессов, определяющих качество продукта. Цель обжига – возможно более полное разложение (диссоциация)  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ , на  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  и  $\text{CO}_2$  и получение высококачественного продукта с оптимальной микроструктурой частичек и их пор. Если в сырье есть глинистые и песчаные примеси (оксиды  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), то во время обжига между ними и карбонатами происходят реакции с образованием силикатов, алюминатов и ферритов кальция и магния ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ,  $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  и др.).

Реакция разложения (декарбонизация) основного компонента известняка (углекислого кальция) идет по схеме:



Теоретически на декарбонизацию 1 моля  $\text{CaCO}_3$  (100 г) расходуется 179 кДж или 1790 кДж на 1 кг  $\text{CaCO}_3$ . В пересчете на 1 кг получаемого при этом  $\text{CaO}$  затраты равны 3190 кДж.



Диссоциация углекислого кальция – обратимая реакция, протекающая при определенных температурах и соответствующих парциальных давлениях углекислого газа. Установившееся при какой-либо температуре химическое равновесие в системе, можно сместить слева направо удалением некоторого количества  $\text{CO}_2$ , что вызывает диссоциацию новых частиц карбоната и выделение дополнительных количеств углекислого газа. Это дает возможность интенсифицировать процесс разложения известняка путем усиления тяги в печи.

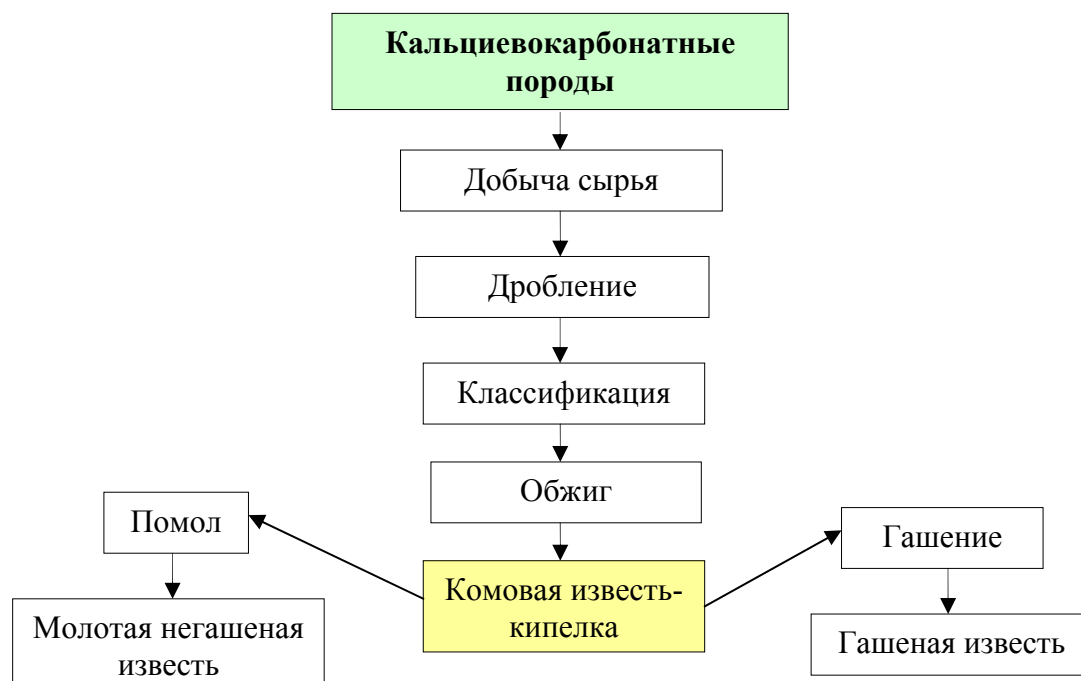
Температура разложения карбоната кальция зависит от парциального давления углекислоты в окружающем пространстве. Разложение  $\text{CaCO}_3$  начинается уже при  $600^\circ\text{C}$ , и с повышением температуры реакция ускоряется. При  $900^\circ\text{C}$  парциальное давление углекислоты достигает атмосферного, поэтому данную температуру иногда называют температурой разложения известняка. Дальнейшее повышение температуры значительно увеличивает скорость разложения, но отрицательно сказывается на качестве извести – ухудшает ее реакционную способность вследствие роста размеров кристаллов.

При обжиге кусков в первую очередь декарбонизируются поверхностные слои. Образующаяся известь вследствие высокой пористости и малой теплопроводности тормозит передачу теплоты вглубь кусков. Чем толще слой извести, тем выше его сопротивление проникновению теплоты и тем более высокие температуры нужны для передачи теплоты в глубину. Поэтому практически температура обжига всегда выше теоретической. Ее устанавливают на каждом заводе в зависимости типа печи и других факторов – плотности сырья, наличия примесей, размера частиц (кусков) сырья и т.д.

Чем плотнее и чем более крупнокристаллическим является сырье, тем выше требуемая температура обжига. Наличие глинистых примесей облегчает удаление  $\text{CO}_2$  и снижает температуру обжига. Однако чем больше в извести примесей, тем при более низкой температуре наступает ухудшение ее свойств. Уже при  $1000-1100^\circ\text{C}$  возникает опасность "пережога" поверхности кусков извести. В заводских условиях температура обжига карбоната кальция составляет  $1050-1200^\circ\text{C}$ , причем под температурой обжига понимают не температуру в печи, а температуру обжигаемого материала. Основная задача при обжиге – обеспечение максимальной степени декарбонизации  $\text{CaCO}_3$  при минимальной температуре.

Продолжительность обжига определяется также размером кусков обжигаемого продукта. Для завершения процесса обжига необходимо определенное время, в течение которого материал должен находиться в печи. Скорость перемещения зоны диссоциации  $\text{CaCO}_3$  по куску зависит от температуры обжига: при  $900^\circ\text{C}$  она составляет примерно  $2 \text{ мм/ч}$ , а при  $1100^\circ\text{C}$  –  $14 \text{ мм/ч}$ , т.е. обжиг идет в 7 раз быстрее. Для повышения производительности печей желательно уменьшение размеров кусков в допустимых пределах. Технологическая схема производства строительной воздушной извести представлена на рисунке 1.

**Рисунок 1. Принципиальная технологическая схема производства извести**



*Источник: "Инфолайн" на основе данных научно-технической литературы*

**Основное оборудование для производства воздушной извести.** Центральным технологическим агрегатом известкового завода (цеха, участка), безусловно, является печь, в которой обжигается карбонатная порода.

Истории обжига извести известно около пятидесяти типов печей, из которых первыми были напольные или горшковые печи различных видов. При обжиге в этих агрегатах получается примерно 25% недожога и 25% пережога и только 50% представляет собой известь-кипелку удовлетворительного качества.

Следующим этапом усовершенствования известьобжигательных печей была пересыпная шахтная печь, в которую камень карбонатной породы засыпался (закладывался) попеременно с твердым топливом – углем, коксом или древесиной. Существовало много вариантов этих двух типов старинных печей.

Современные известьобжигательные печи можно классифицировать следующим образом:

**1. Шахтные печи:**

- 1.1. обычного типа;
- 1.2. газогенераторные с выносными топками;
- 1.3. повышенной производительности, работающие на газе с центральной горелкой;
- 1.4. пересыпные.

**2. Вращающиеся печи:**

- 2.1. общего типа;

2.2. общего типа, оборудованные подогревателем, холодильником и теплообменником;

2.3. печи с колосниковыми устройствами.

### **3. Печи различных типов:**

3.1. печи кипящего слоя;

3.2. печи с вращающимся подом и движущейся решеткой;

3.3. шахтная печь с наклонной вибрацией;

3.4. горизонтальная кольцевая Гофмана (в настоящее время устарела);

3.5. циклонная печь.

При этом в шахтных печах можно обжигать только твердые породы (известняк, мрамор и др.), а во вращающихся – как твердые породы, так и шламы мягких пород, например мела.

В настоящее время наиболее распространены *шахтные обжиговые печи* с распределителем сырья и центральной горелкой, работающие на природном газе. К достоинствам такой печи относятся:

- самая низкая стоимость технологического оборудования для обжига извести;

- сравнительно низкий удельный расход условного топлива – 160-180 кг/т и электроэнергии – 20-30 кВтч/т;

- низкий пылеунос;

- небольшой землеотвод;

- простота конструкции и обслуживания.

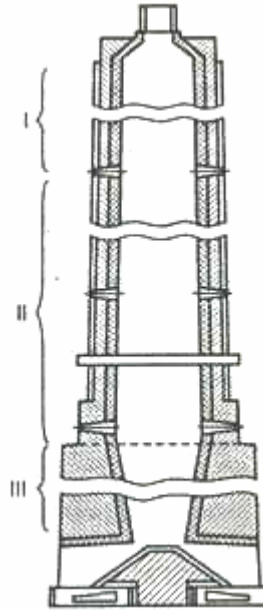
Однако для таких печей характерны недостаточно высокая степень декарбонизации сырья (как правило, не более 95-97%), требовательность к качеству сырья как по прочности и гранулометрии, так и по степени загрязнения его глинистыми примесями. Повышенное содержание примесей в карбонатном сырье может вызывать образование спеков – "козлов" – часто зависающих в шахте печи. Известь первого сорта по ГОСТ 9179-77 на этом печном агрегате получать весьма проблематично, особенно если примеси превышают 2%. Кроме того, печи ограничены в производительности. Производительность 100 т в сутки является критической для шахтных печей из-за риска получить непрожженую центральную зону.

В общем случае, шахтные печи представляют собой полый цилиндр, имеющий наружный стальной кожух толщиной около 1 см и внутреннюю огнеупорную кладку, вертикально установленный на фундаменте (рисунок 2).

Шахтная печь состоит из шахты, загрузочного и выгрузочного устройства, воздухоподводящей и газоотводящей аппаратуры (вентиляторов). Известняк в шахтную печь загружают периодически или непрерывно сверху. Материал по мере выгрузки извести опускается вниз, и навстречу обжигаемому материалу просачиваются горячие дымовые газы.

Противоточное движение обжигаемого материала и горячих газов в шахтной печи позволяет использовать теплоту отходящих газов для прогрева сырья, а теплоту обожженного материала – для подогрева воздуха, идущего в зону обжига.

Рисунок 2. Схема обжига молотого известняка в шахтной печи



I – зона подогрева; II – зона обжига; III – зона охлаждения.

Шахтные печи различают по виду применяемого в них топлива и по способу его сжигания. В пересыпных печах твердое топливо подается вместе с сырьем и сгорает между кусками обжигаемого материала. Здесь применяют топливо с малым содержанием "летучих" – антрацит, кокс и тощие сорта каменного угля, дающие при горении короткое пламя. В печах с выносными топками последние расположены по внешнему периметру печи. В них сжигается твердое топливо (полностью или частично) и образующиеся горячие газы поступают в зону обжига. Применяют длиннопламенное топливо с высоким содержанием "летучих", а также торф, дрова, горючие сланцы. В газовых печах топливом чаще всего служит природный газ, который подается непосредственно в шахтную печь и сжигается в слое материала.

Более экономичны по расходу топлива и простоте конструкции печи, работающие по пересыпному способу на короткопламенном топливе (антрацит или тощий каменный уголь). Производительность шахтных пересыпных печей составляет 100-110 т в сутки. К недостаткам пересыпных печей относится загрязненность извести золой топлива. Более чистая известь получается в шахтных печах с выносными топками, работающих на длиннопламенном топливе (бурый уголь, дрова, торф), и в печах газовых. Однако эти печи имеют несколько меньшую производительность.

**Вращающиеся печи** позволяют получать мягкообожженную известь высокого качества из мелкокускового известняка и из мягких карбонатных пород (мела, туфа, известняка-ракушечника), которые нельзя обжигать в шахтных печах из-за склонности этих материалов к "зависанию" в шахте, приводящему к нарушению технологии обжига. Печи данного типа являются самыми распространенными в мировой практике агрегатами для производства флюсовой извести для нужд металлургии.

Достоинствами вращающихся печей являются:

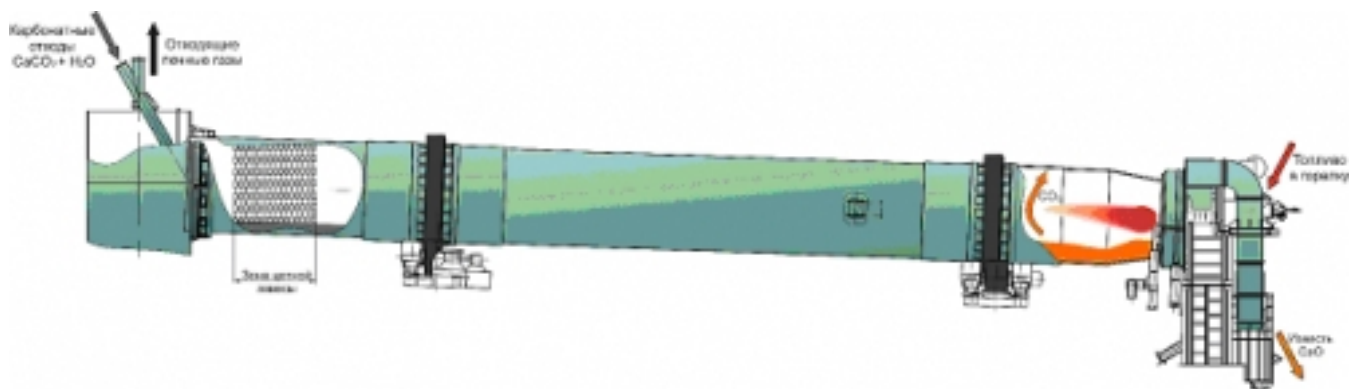
- высокая степень декарбонизации известняка (99,5%) и, как следствие, максимально возможное качество продукции (известь, как правило, мелкокристаллическая, высокой реакционной способности);
- возможность осуществлять мягкий обжиг;
- нетребовательность к качеству сырья;
- легкость в управлении.

Одно из важнейших технологических преимуществ обжига извести во вращающихся печах – малое время прохождения материала от места загрузки до выхода из печи, что минимизирует опасность пережога и обеспечивает оперативность управления процессом.

К недостаткам можно отнести: достаточно высокую стоимость технологического оборудования по сравнению с шахтными печами, более значительный землеотвод для размещения производства (для производства мощностью 125 т в сутки требуется площадка размером ориентировочно 50x100 м, включая сырьевой склад). Кроме того, для данных агрегатов расход условного топлива составляет 190-220 кг на 1 т извести, а электроэнергии – 35-50 кВтч, а также характерен несколько больший по сравнению с шахтными печами пылеунос.

Длина известьобжигательных вращающихся печей составляет 30-100 м при диаметре 1,8-3 м, производительность достигает 400-500 т в сутки. Схема обжига известняка во вращающейся печи представлена на рисунке 3.

**Рисунок 3. Схема обжига молотого известняка во вращающейся печи**



На сегодняшний день в РФ шахтные пересыпные печи действуют в ОАО "Солигаличский известковый комбинат", ОАО "Угловский известковый комбинат", ОАО "Сода", ОАО "ЗСМК" и др. предприятиях.

Обжиг извести во вращающихся печах производится в ОАО "НЛМК", ОАО "Северсталь", ООО "Придонхимстрой Известь", ЗАО "Клинцовский силикатный завод", ЗАО "Копанищенский комбинат строительных материалов" и др. Некоторые предприятия, например ОАО "ММК", эксплуатируют как шахтные, так и вращающиеся печи.

При производстве извести **расход известняка** обычно составляет от 1,4 до 2,2 т на тонну получаемой негашеной извести. Потребление известняка зависит от типа конечного продукта, чистоты исходного сырья, степени

кальцинации и количества отходов. Большая часть материального баланса теряется в виде выбросов в атмосферу диоксида углерода.

Полученную обжигом известняка или мела негашеную комовую известь (кипелку) нельзя непосредственно использовать в качестве вяжущего, ее требуется дополнительно измельчать либо размолот на мельницах (получается негашеная молотая известь), либо гашением водой (гашеная или гидратная известь).

Для облегчения помола в мельнице комовую известь предварительно дробят до зерен размером 15-20 мм. Помол осуществляют обычно в шаровых одно- и двухкамерных мельницах, но возможно применение также валковых и роликовых мельниц, а при необходимости получения очень тонкого порошка используют вибромельницы.

Наряду с бездобавочной известью выпускают также известь с активными минеральными добавками (золы, шлаки), в последнем случае их вводят в мельничный агрегат, где происходит совместное измельчение и одновременно перемешивание.

Тонкость помола негашеной извести оказывает существенное влияние на ее свойства, особенно при наличии "пережога". В соответствии с требованиями ГОСТ негашеную известь следует измельчать до тонкости, при которой остаток при просеивании пробы через сита № 02 и № 008 должен быть соответственно не более 1,5 и 15%. Обычно заводы выпускают известь, характеризующуюся остатками на сите № 008 до 2-7%, что примерно соответствует удельной поверхности 3500-5000 см<sup>2</sup>/г.

Гашение извести в промышленных масштабах производится механизированным способом. При этом чем продолжительнее протекает процесс гашения, тем более качественным получается продукт. Схема процесса гашения зависит от того, какой продукт необходимо получить — известь-пушонку или известковое тесто. Большая часть извести гасится в пушонку.

**Гашение в пушонку** производят в гидраторах периодического или непрерывного действия. К периодически действующим гидраторам относятся гасильные барабаны цилиндрической или бочкообразной формы емкостью около 15 м. Барабаны со скоростью вращения от 3 до 5 об/мин устанавливают горизонтально на катках. В барабаны загружают предварительно измельченную в молотковых или конусных дробилках известь с размером кусков 3-5 мм. Известь гасится паром, поступающим через пароподводящее устройство. Продолжительность гашения, включая загрузку и выгрузку продукта, составляет 30-40 мин. После отсева непрогасившихся частиц известь направляется в бункера или силоса для вылеживания (силосования), где процесс гашения продолжается, что ведет к повышению качества материала.

Заводское производство пушонки в качестве конечного продукта по сравнению с производством комовой извести имеет ряд преимуществ: непрогасившиеся частицы отделяются уже на заводе; транспортировка упакованной пушонки удобнее; такой продукт имеет более длительный период

хранения. Вместе с тем себестоимость пушонки выше, так как ее выпуск требует организации гидратного цеха и упаковочного узла.

Процесс *гашения в тесто* более длителен и сложен. Он применяется, если известь предназначена к использованию на месте производства или на объектах, находящихся поблизости (например, в виде строительных растворов).

При механизированном гашении извести в тесто, кипелку предварительно измельчают в щековой дробилке до кусков с размером не более 5 см и орошают на виброгрохоте горячей водой. Затем материал поступает в гасильный бункер, где выдерживается 2 часа. Окончательное гашение происходит в гасителе, куда поступает вода, подогретая до 40-50°C. Из гасителя материал в виде известкового молока выливается на виброгрохот. Крупные частицы поступают в бункер отходов, а известковое молоко перекачивается для отстоя в железобетонные чаны, которые имеют по 4 вертикальных фильтра – оцинкованные трубы с отверстиями по всей высоте, заполненные крупным песком и проходящие через днище чана. За время пребывания в чанах (примерно 15-16 часов) избыточная вода уходит через фильтры, а материал приобретает сметанообразную консистенцию с влажностью 75%. Отстоявшаяся вода возвращается в технологию и вновь применяется для гашения извести.

При производстве извести основными проблемами с точки зрения **охраны окружающей среды** являются загрязнение воздуха и потребление энергии (энергопотребление при выпуске извести составляет 50% всех издержек). Также могут иметь значение вторичные процессы по гашению извести и её размолу.

Основные выбросы в атмосферу – пыль, оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ) и монооксид углерода (CO).

С целью улучшения качества продукции и снижения издержек производства, а также сокращения энергопотребления и снижения выбросов в атмосферу на многих заводах по производству извести реализованы общие первичные мероприятия по оптимизации управления производственным процессом.

Наилучшие доступные технологии (НДТ) по сокращению выбросов пыли представляют собой комбинацию общих первичных мероприятий и эффективного удаления пыли из источников её образования с помощью тканевых фильтров, электростатических осадителей и/или скрубберов мокрой очистки.

НДТ по сокращению количества отходов должны включать утилизацию пыли, бракованной негашеной извести и гашеной извести посредством реализации ее в виде коммерческих продуктов, а также минимизацию и предотвращение образования выбросов пыли в источниках её образования.

Так выбросы  $\text{NO}_x$  зависят, главным образом, от качества произведенной извести и конструкции печи. Горелки, обеспечивающие низкий выход  $\text{NO}_x$ , адаптируются к используемым вращающимся печам.

Выбросы  $\text{SO}_2$  образуются преимущественно в результате эксплуатации вращающихся печей и зависят от содержания в топливе серы, а также конструкции печи и содержания серы, требуемого в изготовленной извести. Поэтому выбор топлива с низким содержанием серы, а также производство извести с более высоким содержанием серы могут способствовать снижению выбросов  $\text{SO}_2$ . Также имеются доступные технологии, связанные с дополнительным использованием абсорбентов, однако в настоящее время в промышленности по производству извести они не применяются.

**Транспортировка и хранение.** Комовую известь транспортируют навалом, защищая от увлажнения и загрязнения, а молотую – в специальных бумажных мешках или металлических закрытых контейнерах. Известковое тесто перевозят в специально для этого приспособленных кузовах самосвалов. Известь негашеная должна храниться в закрытых складах, защищенных от попадания влаги. Гидратную известь можно хранить непродолжительное время в мешках и сухих складах. Молотую известь не следует хранить более 30 сут, так как она постепенно гасится влагой воздуха и теряет активность.