



ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА

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

Обзор рынка листового стекла (флоат и ВВС) в СНГ

*Издание 2-ое
дополненное и переработанное*

Демонстрационная версия

**Москва
Июнь, 2011**

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	11
1. Технология производства стекла в России и в мире и используемое для этого оборудование	13
2. Сырье для производства стекла в СНГ	26
2.1. Кварцевые пески.....	27
2.2. Карбонатное сырье.....	31
2.2.1. Доломит	31
2.2.2. Мел	32
2.2.3. Известняк и известь	34
2.3. Полевой шпат	35
2.4. Кальцинированная сода.....	37
2.5. Сульфат натрия	38
3. Производство листового стекла в СНГ (Россия, Украина, Белоруссия, Азербайджан, Киргизия, Узбекистан, Туркменистан)	39
3.1. Объем производства листового стекла в СНГ в 2003-2010 гг.	40
3.2. Структура производства листового стекла по методу изготовления (флоат-метод и метод вертикального вытягивания стекла).....	44
3.3. Статистика производства листового стекла в России в 2000-2010 гг.	45
3.4. Региональная структура производства листового стекла в России.....	49
3.5. Основные предприятия-производители листового стекла в РФ; их мощности и текущее состояние	51
3.5.1. <i>Asahi Glass Company Co Ltd. (Япония)</i>	51
<i>ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» (Нижегородская обл.)</i>	51
<i>ООО «Эй Джи Си Флэт Гласс Клин» (Московская обл.)</i>	57
3.5.2. <i>ОАО «Салаватстекло» (Республика Башкортостан)</i>	61
3.5.3. <i>ОАО «Саратовстройстекло» (Саратовская обл.)</i>	69
3.5.4. <i>ООО «Пилкингтон Гласс» (Московская обл.)</i>	75
3.5.5. <i>ООО «Гардиан Стекло Рязань» (Рязанская обл.)</i>	78
3.5.6. <i>ОАО «ЮгРосПродукт» (Ставропольский край)</i>	81
3.6. Основные предприятия-производители листового стекла на Украине	84
3.6.1. <i>ЗАО «Лисичанский стекольный завод «Пролетарий» (Лисичанск, Луганская обл.)</i>	84
3.7. Основные предприятия-производители листового стекла в Белоруссии.....	88
3.6.1. <i>ОАО «Гомельстекло»</i>	88
3.8. Основные предприятия-производители листового стекла в других странах СНГ	90
3.8.1. <i>Узбекистан</i>	90
3.8.2. <i>Киргизия</i>	92

3.8.3. <i>Азербайджан</i>	94
3.8.4. <i>Туркменистан</i>	95
3.9. Основные проекты строительства предприятий по выпуску листового стекла в СНГ	96
4. Анализ внешнеторговых операций в СНГ за период 2000-2010 гг.	102
4.1. Внешнеторговые операции России за период 2000-2010 гг.	103
4.1.1. <i>Российский экспорт листового стекла</i>	105
4.1.2. <i>Российский импорт листового стекла</i>	111
4.2. Внешнеторговые операции Украины за период 2005-2010 гг.	117
4.2.1. <i>Украинский экспорт листового стекла</i>	119
4.2.2. <i>Украинский импорт листового стекла</i>	122
4.3. Внешнеторговые операции Белоруссии за период 2006-2010 гг.	125
4.4. Внешнеторговые операции других стран СНГ (Азербайджан, Казахстан, Киргизия, Узбекистан)	128
5. Потребление листового стекла в СНГ	132
5.1. Потребление листового стекла в России	132
5.1.1. <i>Баланс производства-потребления листового стекла в 2000-2010 гг.</i>	132
5.1.2. <i>Региональная структура потребления листового стекла</i>	134
5.1.3. <i>Отраслевая структура потребления листового стекла</i>	136
5.1.4. <i>Анализ факторов, обуславливающих спрос на листовое стекло, востребованный ассортимент продукции</i>	137
5.2. Потребление листового стекла в прочих странах СНГ	148
5.2.1 Украина.....	148
5.2.2 Белоруссия	151
5.2.3 Азербайджан, Казахстан, Киргизия, Узбекистан.....	153
6. Ценовой анализ.....	158
6.1. Динамика средних цен на листовое стекло в России.....	158
6.2. Анализ экспортно-импортных цен на листовое стекло	161
6.3. Прогноз ценовой конъюнктуры рынка в 2011-2015 гг.	165
7. Прогноз спроса и предложения на рынке листового стекла в 2012-2015 гг.	166
7.1. Прогноз производства листового стекла в России в 2012-2015 гг.	166
7.2. Прогноз развития потребляющих отраслей	168
7.3. Прогноз потребления листового стекла	170
Приложение: Адреса и контактная информация основных производителей листового стекл	171

Список таблиц

- Таблица 1. Порядок отбора проб шихты для контроля ее качества
- Таблица 2. Технология производства и мощности российских производителей по выпуску листового стекла
- Таблица 3. Поставщики кварцевых песков российским производителям листового стекла
- Таблица 4. Производство листового стекла в странах СНГ* в 2003-2010 гг., млн м² (в натуральном исчислении)
- Таблица 5. Производство листового стекла в России в 2000-2010 гг., млн м²
- Таблица 6. Средняя толщина выпускаемого российскими предприятиями листового стекла в 2000-2010 гг., мм
- Таблица 7. Производство стекла ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» в 2000-2010 гг.
- Таблица 8. Объемы и направления поставок листового стекла ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» по потребителям в 2007-2010 гг., т
- Таблица 9. Финансовые показатели работы ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» за период 2006-3 мес. 2011 гг.
- Таблица 10. Динамика производства стекла ООО «Эй Джи Си Флэт Гласс Клин» в 2005-2010 гг.
- Таблица 11. Объемы и направления поставок листового стекла ООО «Эй Джи Си Флэт Гласс Клин» по потребителям в 2007-2010 гг., т
- Таблица 12. Производство листового стекла ОАО «Салаватстекло» в 2000-2010 гг., тыс. м²
- Таблица 13. Объемы и направления поставок листового стекла ОАО «Салаватстекло» по потребителям в 2007-2010 гг., т
- Таблица 14. Финансово-экономические показатели работы ОАО «Салаватстекло» за период 2006-3 мес. 2011 гг.
- Таблица 15. Производство листового стекла ОАО «Саратовстройстекло» в 2000-2010 гг.
- Таблица 16. Объемы и направления поставок листового стекла ОАО «Саратовстройстекло» по потребителям в 2007-2010 гг., т
- Таблица 17. Финансовые показатели работы ОАО «Саратовстройстекло» за период 2005-3 мес. 2010 гг., млн руб.
- Таблица 18. Производство листового стекла ООО «Пилкингтон Гласс» в 2006-2010 гг.
- Таблица 19. Объемы и направления поставок листового стекла ООО «Пилкингтон Гласс» по потребителям в 2007-2010 гг., т
- Таблица 20. Производство листового стекла ООО «Гардиан Стекло Рязань» в 2008-2010 гг.
- Таблица 21. Объемы и направления поставок листового стекла ООО «Гардиан Стекло Рязань» по потребителям в 2008-2010 гг., т

- Таблица 22. Объемы и направления поставок листового стекла
«Красногвардейский завод листового стекла» по потребителям в 2010 г.,
т
- Таблица 23. Объемы внешнеторговых операций России с листовым стеклом
за период 2000-2010 гг., млн м²
- Таблица 24. Экспорт листового стекла Россией в натуральном и денежном
выражении за период 2000-2010 гг.
- Таблица 25. Региональная структура российского экспорта листового стекла
за период 2005-2010 гг., млн м², млн \$
- Таблица 26. Объемы и направления поставок листового стекла ведущими
российскими экспортерами по странам за период 2008-2010 гг., тыс. м²
- Таблица 27. Российский импорт листового стекла в 2000-2010 гг.
- Таблица 28. Региональная структура российского импорта листового стекла
за период 2005-2010 гг., млн м², млн \$
- Таблица 29. Объемы и направления поставок листового стекла основным
российским импортерам за период 2009-2010 гг., тыс. м²
- Таблица 30. Объемы внешнеторговых операций Украины с листовым
стеклом за период 2005-2010 гг., млн м², млн \$
- Таблица 31. Региональная структура украинского экспорта листового стекла
за период 2005-2010 гг.
- Таблица 32. Региональная структура украинского импорта листового стекла
за период 2005-2010 гг.
- Таблица 33. Региональная структура белорусского экспорта и импорта
листового стекла в 2006-2010 гг., млн м², млн \$
- Таблица 34. Региональная структура внешнеторговых операций
Азербайджана по поставкам листового стекла в 2006-2010 гг., млн м²,
млн \$
- Таблица 35. Региональная структура внешнеторговых операций Казахстана
по поставкам листового стекла в 2006-2010 гг., млн м², млн \$
- Таблица 36. Региональная структура внешнеторговых операций Киргизии по
поставкам листового стекла в 2006-2010 гг., млн м², млн \$
- Таблица 37. Региональная структура внешнеторговых операций Узбекистана
по поставкам листового стекла в 2006-2010 гг., млн м², млн \$
- Таблица 38. Баланс потребления листового стекла в России за период 2000-
2010 гг., млн м², %
- Таблица 39. Основные регионы-потребители листового стекла в 2010 г., млн
м²
- Таблица 40. Структура потребления листового стекла в России, %
- Таблица 41. Выполнение работ по договорам строительного подряда в
России в 2000-2010 гг., млрд руб.
- Таблица 42. Ввод в действие жилых домов в России в 2002-2010 гг., млн м²
- Таблица 43. Динамика общей площади введенных нежилых зданий по
федеральным округам РФ в 2000-2010 гг., млн м²

Таблица 44. Баланс производства-потребления листового стекла на Украине в 2005-2010 гг., млн м², %

Таблица 45. Баланс производства-потребления листового стекла в Белоруссии в 2006-2010 гг., млн м², %

Таблица 46. Баланс производства-потребления листового стекла в Азербайджане, Казахстане, Киргизии, Узбекистане в 2006-2010 гг., млн м², %

Таблица 47. Среднегодовые российские цены на листовое стекло и темпы их роста в 2006-2010 гг. (руб/м², \$/м², %)

Таблица 48. Среднегодовые потребительские цены на листовое стекло и темпы их роста в 2006-2010 гг. (руб/м², \$/м², %)

Таблица 49. Цены на листовое стекло производства ОАО «Салаватстекло» в 2011 г., руб/м²

Таблица 50. Проекты роста мощностей по производству флоат-стекла в России

Список рисунков

- Рисунок 1. Типовая технологическая схема промышленного способа получения стекла
- Рисунок 2. Схема растекания стекломассы на поверхности расплава олова при формовании ленты стекла флоат-способом
- Рисунок 3. Способ получения флоат-стекла, разработанный фирмой Pilkington
- Рисунок 4. Технологическая схема производства стекла, используемая компанией Pilkington
- Рисунок 5. Способ формирования флоат-стекла, разработанный Саратовским институтом стекла
- Рисунок 6. Производство листового стекла в России и СНГ, в 2003-2010 гг., млн м² (в натуральном исчислении)
- Рисунок 7. Доля стран в производстве листового стекла в 2003-2010 гг., %
- Рисунок 8. Изменение структуры производства листового стекла по методу изготовления (флоат-метод и метод вертикального вытягивания стекла ВВС), 2004-2010 гг., %
- Рисунок 9. Динамика производства листового стекла в России в 2000-2010 гг., млн м²
- Рисунок 10. Региональная структура производства листового стекла в России в 2009-2010 гг., %
- Рисунок 11. Динамика производства листового стекла ЗАО «Лисичанский стекольный завод «Пролетарий» в 2003-2010 гг., млн м²
- Рисунок 12. Динамика производства листового стекла ОАО «Гомельстекло» в 2004-2010 гг., млн м²
- Рисунок 13. Динамика производства листового стекла в Узбекистане в 2003-2010 гг., млн м²
- Рисунок 14. Динамика производства листового стекла в Киргизии в 2003-2008 гг., млн м²
- Рисунок 15. Динамика производства листового стекла в Азербайджане в 2003-2010 гг., млн м²
- Рисунок 16. Динамика внешнеторговых операций России с листовым стеклом в 2000-2010 гг., млн м²
- Рисунок 17. Динамика российского экспорта листового стекла в натуральном и денежном выражении в 2000-2010 гг.
- Рисунок 18. Изменение региональной структуры российского экспорта листового стекла в 2008-2010 гг., %
- Рисунок 19. Динамика российского импорта листового стекла в натуральном и денежном выражении в 2000-2010 гг.
- Рисунок 20. Изменение региональной структуры российского импорта листового стекла в 2008-2010 гг., %

- Рисунок 21. Динамика внешнеторговых операций Украины с листовым стеклом в 2005-2010 гг., млн м²
- Рисунок 22. Динамика украинского экспорта листового стекла в натуральном и денежном выражении в 2005-2010 гг.
- Рисунок 23. Изменение региональной структуры украинского экспорта листового стекла в 2008-2010 гг., %
- Рисунок 24. Динамика украинского импорта листового стекла в натуральном и денежном выражении в 2005-2010 гг.
- Рисунок 25. Изменение региональной структуры украинского импорта листового стекла в 2008-2010 гг., %
- Рисунок 26. Динамика внешнеторговых операций Белоруссии с листовым стеклом в 2006-2010 гг., млн м²
- Рисунок 27. Динамика производства, экспорта, импорта и потребления листового стекла в России в 2000-2010 гг., млн м²
- Рисунок 28. Региональная структура потребления листового стекла в России в 2010 г., %
- Рисунок 29. Динамика ввода жилья в РФ в 2000-2010 гг., млн м², % к пред. году
- Рисунок 30. Региональная структура ввода жилья в эксплуатацию в РФ в 2010 г., %
- Рисунок 31. Динамика общей площади введенных нежилых зданий в России 2000-2010 гг., млн м²
- Рисунок 32. Региональная структура ввода в эксплуатацию нежилой недвижимости в 2010 г., %
- Рисунок 33. Динамика производства автомобильного транспорта в России в 2000-2010 гг., млн шт.
- Рисунок 34. Динамика производства, экспорта, импорта и потребления листового стекла на Украине в 2005-2010 гг., млн м²
- Рисунок 35. Динамика ввода жилья на Украине в 2004-2010 гг., млн м², % к пред. году
- Рисунок 36. Динамика производства, экспорта, импорта и потребления листового стекла в Белоруссии в 2006-2010 гг., млн м²
- Рисунок 37. Динамика ввода жилья в Белоруссии в 2005-2010 гг., млн м², % к пред. году
- Рисунок 38. Динамика ввода в эксплуатацию жилых домов в Казахстане в 2005-2010 гг., тыс. м²
- Рисунок 39. Динамика ввода жилья в Узбекистане в 2005-2010 гг., млн м², % к пред. году
- Рисунок 40. Динамика ввода жилья в Азербайджане и Киргизии в 2005-2010 гг., тыс. м²
- Рисунок 41. Динамика средних цен на листовое стекло в России в 2006-2011 гг., руб./м²
- Рисунок 42. Динамика среднероссийских потребительских цен на листовое стекло в 2007-2010 гг., руб./м²

Рисунок 43. Динамика экспортно-импортных цен на листовое стекло в России в 2000-2010 гг., \$/м²

Рисунок 44. Среднегодовые цены на экспортируемое листовое стекло в 2006-2010 гг., \$/м²

Рисунок 45. Среднегодовые цены на импортируемое листовое стекло в 2006-2010 гг., \$/м²

Рисунок 46. Прогноз производства листового стекла в России в 2011-2015 гг., млн м²

Рисунок 47. Прогноз объемов строительства жилья в России в 2011-2020 гг., млн м²

Рисунок 48. Прогноз потребления листового стекла в России в 2011-2015 гг., млн м²

АННОТАЦИЯ

Настоящий отчет посвящен исследованию текущего состояния рынка листового стекла в СНГ и прогнозу его развития на период до 2015 г. Отчет состоит из 7 частей, содержит 171 страницу, в том числе 50 таблиц, 48 рисунков и 1 приложение.

В качестве источников информации использовались данные Федеральной службы государственной статистики РФ (Росстат), ОАО «РЖД» (статистика железнодорожных перевозок), Федеральной таможенной службы РФ, Государственной таможенной службы Украины (данные по внешнеторговым операциям), Агентства Республики Казахстан по статистике, База данных ООН. Также были привлечены данные Комитетов по статистике стран СНГ, предприятий, использована база данных «Инфомайн», а также материалы СМИ и отчеты эмитентов.

В первой главе отчета описаны технологии производства листового стекла в России и мире.

Во второй главе приведены данные о запасах и месторождениях основных видов сырья для производства листового стекла в России и СНГ.

Третья глава отчета посвящена производству листового стекла в странах СНГ (России, Украине, Белоруссии, Азербайджане, Киргизии, Узбекистане, Туркменистане). В этом разделе приведены статистика выпуска данной продукции в 2000-2010 гг., структура производства стекла по методу изготовления (флоат и ВВС методы) и региональная структура производства, а также представлены данные об объемах выпуска листового стекла отдельными предприятиями. Также в этой главе анализируется текущее состояние ведущих игроков на рынке листового стекла в СНГ, включающее данные об имеющихся производственных мощностях. Кроме того, описаны основные проекты строительства предприятий по выпуску листового стекла в СНГ.

В четвертой главе анализируются внешнеторговые операции стран СНГ (России, Украины, Белоруссии, Азербайджана, Казахстана, Киргизии, Узбекистана) с листовым стеклом. Приведены данные об объемах экспорта и импорта изучаемой продукции в натуральном и денежном выражении, оценена региональная структура поставок.

В пятой главе отчета, посвященной потреблению листового стекла, приведены балансы производства-потребления данной продукции в странах СНГ (России, Украине, Белоруссии, Азербайджане, Казахстан, Киргизии, Узбекистане, Туркменистане), оценена динамика «видимого» потребления листового стекла. Также в данном разделе приведена структура потребления, дан анализ ситуационного развития строительной отрасли в странах Содружества и перспективы ее развития.

Шестая глава посвящена анализу ценовой конъюнктуры стекольного рынка России. В этом разделе рассмотрена динамика изменения цен на листовое стекло на внутреннем рынке РФ за последние годы, приведен обзор экспортно-импортных цен. Приведен прогноз ценовой конъюнктуры рынка на период до 2015 г.

Седьмая, заключительная глава отчета посвящена прогнозу спроса и предложения на рынке листового стекла в России в 2011-2015 гг. Подготовлены три сценария прогноза производства листового стекла на период до 2015 г. Также приведен прогноз потребления изучаемой продукции, учитывающий прогноз развития основных потребляющих отраслей листового стекла.

В приложении приведена контактная информация основных производителей листового стекла в СНГ.

1. Технология производства стекла в России и в мире и используемое для этого оборудование

Традиционная технология промышленного способа получения стекла состоит из подготовки сырьевых материалов; приготовления шихты; варки стекла; охлаждения стекломассы; формования изделий; их отжига и обработки (термической, химической или механической). Затем стекло подвергается контролю качества, упаковывается и складировается (рис. 1).

Рисунок 1. Типовая технологическая схема промышленного способа получения стекла



Источник: ГНИИС

Подготовка сырья

Основная подготовка стекольного сырья производится непосредственно на стекольных заводах. Данный процесс включает следующие операции:

- помол и дробление тех материалов, которые поступают на завод в виде кусков (доломит, известняк и др.);
- сушку тех материалов, которые поступают на завод влажными (песок, доломит, известняк);
- просеивание всех поступающих на завод материалов через сита определенного размера.

В тех случаях, когда песок поступает с обогатительных фабрик, он подвергается только просеву. После просеивания все сырьевые материалы подаются в бункера хранения подготовленного сырья, откуда оно поступает на дозирование.

Приготовление стекольной шихты

Стекольной шихтой называют однородную смесь предварительно подготовленных и отвешенных по заданному рецепту сырьевых материалов.

В настоящее время на стекольных заводах приготовление шихты ведется в механизированных составных цехах, предусматривающих полный

цикл операций по подготовке и усреднению сырья, которые включают *склад сырья* с приемным павильоном и *дозаторно-смесительное* отделение. Последнее состоит из расходных бункеров сырья, помещения распределения материалов из силосов (и других мест хранения) в расходные бункера у дозирочно-смесительной линии. В состав такой линии входят автоматические весы, смесители, транспортирующие устройства и бункера хранения шихты.

Важнейшими стадиями приготовления стекольной шихты являются:

- дозирование компонентов;
- смешивание и увлажнение шихты;
- введение стеклянного боя;
- контроль качества.

Дозирование компонентов стекольной шихты

Дозирование компонентов шихты осуществляется *дозаторами*, которые должны обеспечивать высокую точность процесса в условиях его высокой производительности, а также надежность работы и гибкую переналадку.

Процесс дозирования в современных механизированных составных цехах осуществляется по трем основным технологическим схемам:

- линейное расположение дозаторов под расходными бункерами сырья с подачей отвесов на горизонтальный сборный транспортер;
- линейное расположение расходных бункеров и проведение процесса дозирования в весы-тележку;
- башенное расположение расходных бункеров сырья и проведение процесса дозирования всех компонентов шихты с помощью одних весов.

Последняя из приведенных схем не нашла применения на российских заводах, в то время как за рубежом широко используется.

Смешивание и увлажнение стекольной шихты

Отвешенные в соответствии с заданным составом компоненты шихты ленточным конвейером подаются в смеситель, расположенный под весовой линией.

Для перемешивания взвешенных компонентов в мировой практике применяются следующие виды оборудования:

- смесители тарельчатого типа с подвижной и неподвижными чашами;
- барабанные или конусные смесители грушевидной формы (бетономешалки) чаще всего с горизонтальной или наклонной осью вращения;
- непрерывно действующие шнековые смесители;
- пневматические смесители.

Наибольшее распространение в стекольной промышленности получили тарельчатые смесители. Смешение материалов в них происходит в кольцевом объеме чаши за счет кругового вращения подгребающих и смешивающих лопастей с одновременным самостоятельным вращением их относительно внутренней поверхности кольцевой чаши.

Увлажнение шихты производится на стадии ее смешивания с целью придания материалу влажности, изменяющейся в диапазоне 3,5-4,5%. При этом нижний предел влажности обусловлен повышенным расслоением сухой шихты при ее транспортировании и загрузке в печь, а верхний является оптимальным как для скорости варки шихты, так и с точки зрения удержания влаги в сыпучем материале. При большей влажности шихты требуется дополнительная энергия на ее испарение, и скорость варки в этом случае снижается.

На стекольных заводах используются следующие варианты увлажнения шихты:

- предварительное увлажнение одного песка и последующая подача в смеситель остальных компонентов;
- предварительное увлажнение смеси песка с доломитом и последующая подача в смеситель остальных компонентов;
- увлажнение всей шихты приблизительно в середине процесса ее смешивания (именно этот метод получил наиболее широкое распространение).

Введение боя в стекольную шихту

Традиционно в стекловаренную печь шихта подается со стеклобоем в соотношении: 75-85% шихты – 15-25% стеклобоя. Однако в последние десять лет эти пропорции на отечественных заводах существенно изменились, и на сегодня доля боя выросла до 30-50%, а иногда и более.

Практикуется несколько вариантов введения боя в шихту:

- смешивание стеклобоя с шихтой в смесителях, для чего бой предварительно измельчается до крупности кусков не более 10-15 мм, что обеспечивает необходимую текучесть;
- создание слоев шихты и боя на ленточном транспортере, откуда они поступают в бункера загрузчиков, частично смешиваясь при сбросе;
- смешивание боя с шихтой в особом смесителе, расположенном вблизи загрузочного кармана стекловаренной печи (этот вариант широко используется в зарубежных проектах);
- загрузка шихты на подслон боя с помощью роторных загрузчиков (этот вариант требует наиболее сложного механического оборудования, что сдерживает его распространение).

Контроль качества стекольной шихты

Основными показателями качества стекольной шихты служат соответствие ее заданному химическому составу и химическая однородность.

Существует два варианта контроля качества шихты: текущий и периодический (табл. 1).

Таблица 1. Порядок отбора проб шихты для контроля ее качества

<i>Параметры контроля</i>	<i>Текущий контроль</i>	<i>Периодический контроль</i>
Цель контроля	Проверка соответствия шихты заданному рецепту	Проверка работы смесителя и однородности шихты
Контролируемые параметры	Сода, сумма карбонатов кальция и магния, сумма нерастворимых в HCl компонентов, сульфат натрия, влага	–
Место отбора пробы	На выходе из смесителя, из расходных бункеров шихты, транспортер	Смеситель, вагонетка, бункер загрузчика, транспортер
Масса средней пробы, кг	до 10	2-10
Масса частной пробы, кг	0,2	0,2
Число частных проб	4-6	до 10
Масса лабораторной пробы, г	100	100

Источник: ГНИИС

Отбор проб шихты на контрольные анализы производится после завершения процесса ее смешения.

Наиболее прогрессивным методом контроля шихты является рентгеноспектральный анализ. Только этот метод позволяет получать информацию о содержании в шихте отдельных оксидов с точностью 0,2-0,3% в течение 30 минут, в то время как проведение подобного анализа химическим методом может длиться от 45 минут до 1,5 часов.

Варка стекла

В общем случае под *варкой стекла* или *стекловарением* понимают термический процесс, в результате которого смесь разнородных компонентов образует однородный расплав. Сущность процесса заключается в нагревании шихты в печах различных конструкций, в результате чего она превращается в жидкую стекломассу, претерпевая сложные физико-химические взаимодействия компонентов, происходящие на протяжении значительного временного интервала.

Различается пять основных этапов варки стекла:

1) Силикатообразование, на стадии которого образуются силикаты и другие промежуточные соединения. Для стекол обычного состава этот этап завершается при температуре 950-1150°C;

2) Стеклообразование, в ходе которого, образовавшийся на первом этапе спек с повышением температуры плавится, завершаются реакции силикатообразования, а также происходит взаимное растворение силикатов. В расплаве силикатов протекает весьма медленное, постепенное растворение избыточного кварца, составляющее главное содержание этого этапа. К моменту его окончания образуется прозрачный неоднородный по составу

расплав, включающий много пузырей. В общем случае этап стеклообразования завершается при температуре 1200-1250°C;

3) Осветление (дегазация), на протяжении которого из расплава удаляются видимые газовые включения – крупные и мелкие пузыри. Для обычных стекол этап завершается при 1500-1600°C;

4) Гомогенизация (усреднение), на стадии которой происходит усреднение расплава по составу, и он становится химически однородным. Важно отметить, что гомогенизация протекает одновременно с осветлением и в том же диапазоне температур;

5) Студка (охлаждение), в ходе которой происходит подготовка стекломассы к формованию, для чего температуру равномерно понижают до 300-400°C, добиваясь тем самым необходимой вязкости стекла.

Разделение процесса стекловарения на пять этапов является весьма условным – в реальных промышленных условиях они накладываются друг на друга. Только первый и пятый этапы разделены в печах временем и пространством, тогда как первая и вторая стадии стекловарения одновременно начинаются и совмещаются до завершения стеклообразования, а затем третий и четвертый этапы идут нераздельно.

Формование

Процесс *формования* стекла является основной и важнейшей после стекловарения технологической стадией, и совокупность этих двух непосредственно связанных процессов определяет механизированное стекольное производство, профиль его специализации, его технический уровень и экономическую эффективность.

Процесс формования складывается из двух основных этапов, определяющих его ход: деформирования стекломассы и ее постепенного твердения, которое развивается и продолжается на протяжении всего формования.

Первая стадия – формообразование – осуществляется в температурно-вязкостной области собственно формования, т.е. в условиях, когда стекломасса сохраняет способность к течению и пластической деформации; в предельном интервале вязкости от 10^2 до $4 \cdot 10^7$ Па·с, что приблизительно отвечает диапазону температур 1200-800°C. На данном этапе стекломасса, в результате ее деформации под действием приложенных внешних сил, приобретает конфигурацию формуемого изделия, которая регулируется в соответствии с видом изделия и способом его формования. Скорость и продолжительность процесса обусловлены реологическими и поверхностными свойствами стекломассы, ее вязкостью, поверхностным натяжением, упругопластическим состоянием и их температурной зависимостью.

Вторая стадия – фиксация формы, необходимая для закрепления достигнутой конфигурации формуемого изделия, соответствует области интенсивного твердения стекла, т.е. изменению его вязкости в пределах от

10^8 до 10^{12} Па·с в интервале температур 900-500^oC. Скорость и продолжительность фиксации формы определяются характером и интенсивностью твердения стекла и, следовательно, изменением его реологических (вязкостных) свойств в результате охлаждения, эффективность которого обусловлена термофизическими свойствами стекла и условиями его охлаждения при контакте с окружающей средой.

Существующие разновидности технологических способов формования стекла подразделяются по характеру внешнего воздействия на стекломассу и принципу ее взаимодействия с формирующими органами и устройствами. Однако важнейшим критерием классификации служит конечный вид производимых из стекла изделий.

Технология обработки и отжига стекла

После формования стекло подвергается различным видам обработки, в ряду которых выделяются три основные группы:

- 1) механическая обработка;
- 2) термическая обработка;
- 3) химическая обработка.

Под *механической обработкой* стекла в общем случае понимают обработку стеклоизделий в холодном состоянии с помощью шлифования и полирования. Первым из этих процессов изделие доводят до заданной геометрической формы. При этом различают грубую шлифовку (обдирку), при которой происходит основной съем материала и придание изделию необходимой геометрической формы, и тонкую шлифовку (иногда ее называют достировкой), при которой осуществляется окончательная доводка геометрии изделий и подготовка поверхностей к процессу полировки, за счет которого достигается ровная, гладкая (зеркальная) поверхность стеклоизделий, после чего оно приобретает прозрачность и характерный блеск.

Шлифование стекла осуществляется с помощью шлифовального инструмента, вращающегося вокруг своей оси, и прижимаемого специальными приспособлениями к поверхности стекла под заданным давлением. Стеклоизделие при этом либо совершает возвратно-поступательные движения относительно шлифовальника, либо остается неподвижным. Между шлифовальником и стеклом помещается слой абразива (алмаза, карбида бора или электрокорунда), причем, если он подается в виде порошка или пульпы, говорят о шлифовании свободным абразивом; если же зерна материала жестко закреплены в материале шлифовальника, процесс носит название шлифования связанным абразивом.

Полированием стекла удаляются шероховатости на его поверхности до размеров, меньших длин волн видимого света (0,4-0,7 мкм). При этом поверхность стекла становится гладкой, зеркальной и не рассеивает падающий свет. Полирование осуществляется вращающимся полировальником, между которым и стеклом помещается полировальный порошок. Основное

технологическое отличие подобного процесса от шлифования заключается в применяемых полировальных порошках, материалах полировальников.

Термическая обработка стекла

В процессе формования изделий при достаточно быстром их охлаждении в стекле возникают напряжения, неравномерно распределенные в изделии и отрицательно сказывающиеся на его механической прочности. С целью снятия этих напряжений используется дополнительная тепловая обработка – *отжиг*, являющийся необходимой стадией технологического процесса изготовления стеклоизделий.

С другой стороны, специальная термическая обработка (*закалка*) приводит к созданию в изделии определенных остаточных напряжений, обеспечивающих резкое упрочнение стекла и изменение характера его разрушения. Закалка является наиболее распространенным методом получения безопасных стекол, широко используемых в строительстве и транспорте.

Отжигом стекла называется его термическая обработка, при которой внутренние остаточные напряжения удаляются или уменьшаются до допустимых пределов, зависящих от назначения изделий и условий их работы.

Процесс отжига включает четыре основные стадии:

- 1) нагрев (или охлаждение) изделия до температуры отжига;
- 2) выдержка при температуре отжига до практически полного удаления напряжений;
- 3) ответственное охлаждение – медленное охлаждение до низшей температуры отжига, предохраняющее стекло от возникновения остаточных напряжений, превышающих допустимые;
- 4) быстрое охлаждение изделия до комнатной температуры.

Температурный интервал (зона) отжига ограничен интервалом, верхний предел которого соответствует вязкости 10^{12} Па·с, при которой в течение 3 минут снимается 95% остаточных напряжений; нижний – $10^{13,5}$ Па·с, при которой в течение 3 минут снимается 5% напряжений. В зависимости от состава стекла верхняя температура отжига на 50-150°C превышает нижнюю.

Режим отжига стеклоизделий определяется свойствами стекла, формами и размерами изделий, технологией их изготовления и конструктивными особенностями печей отжига. Параметры его отдельных этапов (такие, как температура, продолжительность и скорость нагрева) выбираются в зависимости от допустимого для каждого конкретного изделия напряжения на основе законов возникновения и распределения напряжений.

Закалкой называется процесс создания в стекле значительных постоянных внутренних напряжений путем быстрого охлаждения стекла от температуры, лежащей выше температуры стекловарения. Образующиеся

при такой обработке напряжения сжатия в поверхностном слое стекла существенно повышают его механическую прочность и термостойкость.

Химическая обработка стекла

Неорганические стекла относятся к достаточно инертным и химически устойчивым материалам. Однако при определенных условиях проявляется повышенная физико-химическая активность их поверхности, заложенная в самой природе стекла – в результате особенностей структурно-химического состояния этого материала он обладает повышенной свободной поверхностной энергией. В связи с этим поверхность стекла проявляет склонность к адсорбции различных реагентов, особенно поверхностно-активных. В силу этих причин химическая обработка поверхности стекла основывается на сложной совокупности явлений, обусловленных физико-химическими превращениями.

Процесс химического травления стекла основан на свойстве фтористого водорода (HF) активно взаимодействовать не только с его щелочными компонентами (Na₂O, K₂O) и другими модификаторами (CaO, MgO, PbO), но, также, что особенно важно, с оксидом кремния SiO₂, образующим структурный каркас большинства неорганических стекол. В результате такого взаимодействия HF разрушает структурный каркас и наступает быстрое разложение стекла – *травление*.

Области применения и технология химического травления определяются конечным эффектом, достигаемым в ходе такой обработки стекла. В частности, различают применение химического травления стекла для полирования, матирования или декорирования его поверхности, а также с целью упрочнения стекла.

Ионный обмен в поверхностном слое стекла происходит в соответствии с общими законами диффузии и используется с целью упрочнения, а также видоизменения других физико-химических свойств поверхности преимущественно щелочесодержащих стекол. Посредством диффузии ионы поверхностного слоя стекла замещаются ионами реагента, который может контактировать со стеклом, находясь в различном фазовом состоянии: расплавленном, твердом или жидком.

Высокотемпературный ионный обмен состоит в замене ионов Na⁺ и K⁺ или обоих вместе на катионы Li⁺, поступающие из реагента, пребывающего в расплавленной или газовой фазе, в области высоких температур (500-700°С). Продолжительность выдержки подбирается в зависимости от вида стекла и реагента и колеблется от 20 до 240 минут.

В результате высокотемпературного ионного обмена прочность стекла увеличивается в 2-2,5 раза, а его термостойкость – в 1,5-2 раза. Кроме того, повышается и химическая устойчивость поверхности к действию кислот, а также ее электросопротивление.

Низкотемпературный ионный обмен сводится к замещению щелочных ионов в стекле щелочными ионами большего радиуса, т.е. в стеклах,

содержащих натрия, последний замещается на К, Rb и Cs. Данный процесс протекает при температуре 400-450^oC.

При низкотемпературном ионном обмене образуется сравнительно небольшой по толщине сжатый слой (порядка 20-40 мкм), однако в нем развиваются интенсивные напряжения сжатия, вследствие чего эффект упрочнения стекла в 3-7 раз превышает результаты высокотемпературного процесса.

Упрочнение поверхностного слоя стекла в ряде случаев достигается путем совмещения высокотемпературного и низкотемпературного ионного обмена.

В настоящее время ионный обмен все шире используется для регулирования прочности, увеличения абразивности поверхности, ее химической устойчивости, повышения диэлектрических характеристик стекла, а кроме того, окрашивания его поверхности с целью декорирования или регулирования спектрального пропускания (для получения светофильтров, окрашенных с поверхности).

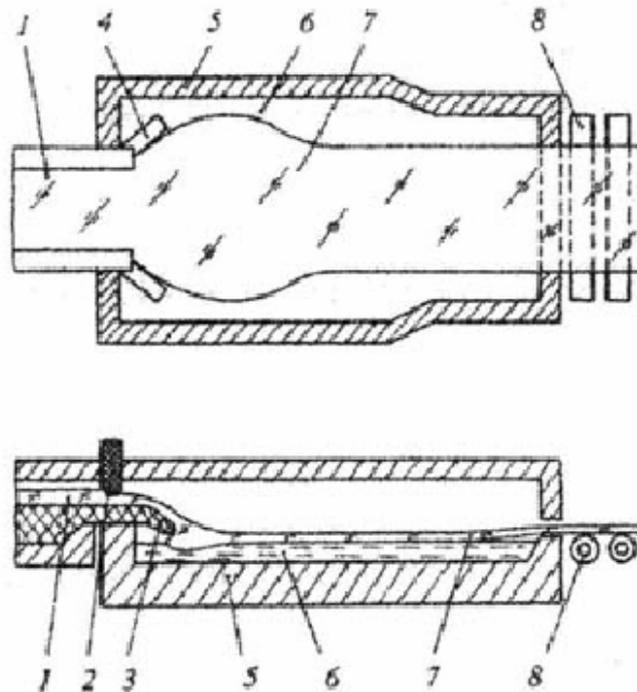
Образование на стекле пленочных покрытий (оксидно-металлических, полимерных органических и кремнийорганических) осуществляется с целью защиты поверхности, ее гидрофобизации и упрочнения, а также изменения оптических свойств. В целом формирование пленочных покрытий осуществляется в условиях повышенной температуры в результате сложной совокупности процессов гидролиза, конденсации и химического взаимодействия с активными центрами поверхности.

Стекла с нанесенными на них покрытиями приобретают новые заданные свойства независимо от их химического состава и толщины.

Традиционным методом формования листового стекла считается *метод вертикального вытягивания (ВВС)*, нашедший применение на многих отечественных промышленных объектах отрасли. Однако наиболее прогрессивным способом получения продукции можно назвать *флоат-метод (производство термополированного стекла)*. В настоящее время производство листового стекла в России флоат-методом осуществляют 8 заводов. Только флоат-метод позволяет получать продукцию высших марок качества (М1, М2 и М3), в то время как методом вертикального вытягивания вырабатывается стекло худшего качества (М4-М6).

Флоат-способ формования ленты стекла осуществляется в закрытой ванне на поверхности расплавленного металла (олова) путем свободного растекания стекломассы (сливаемой в начало ванны по лотку из печи) и движения по расплаву металла плавающей ленты, которая при этом, постепенно охлаждаясь и затвердевая, непрерывно оттягивается из ванны вращающимися роликами конвейера, расположенного с другого конца ванны (рис. 2).

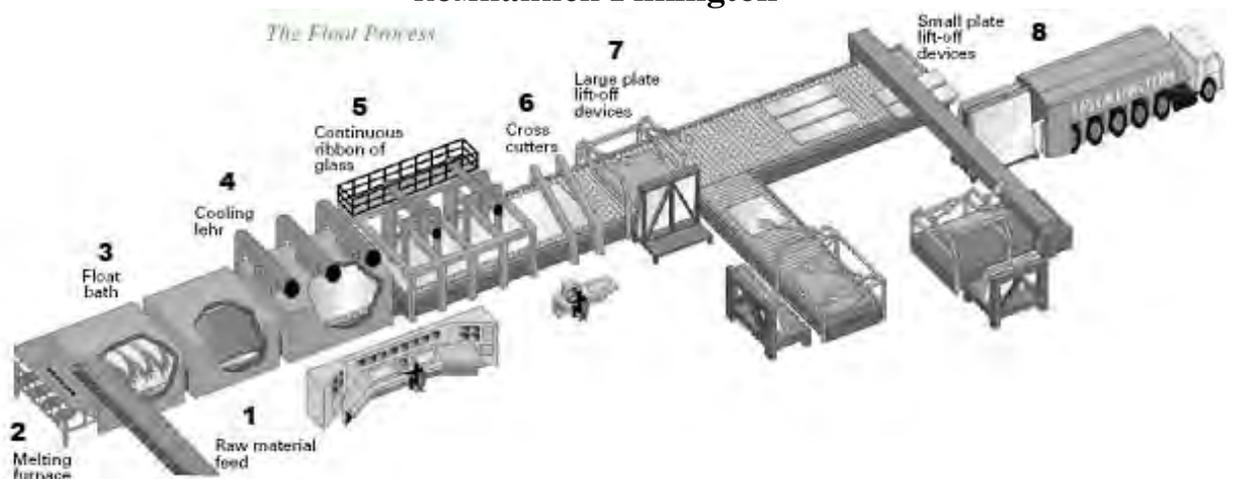
Рисунок 3. Способ получения флоат-стекла, разработанный фирмой Pilkington



1 – жидкая стекломасса; 2 – дозирующий шибер; 3 – сливной лоток; 4 – рестрикторы; 5 – ванна расплава; 6 – расплав олова; 7 – лента стекла; 8 – приемные валы шлаковой камеры

Источник: ГНИИС

Рисунок 4. Технологическая схема производства стекла, используемая компанией Pilkington



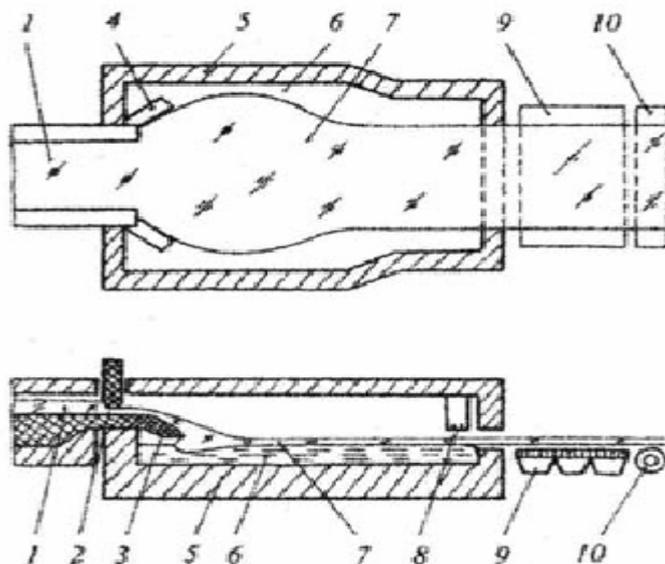
1 – подача сырьевой шихты; 2 – плавильная печь; 3 – ванна расплава олова; 4 – печь отжига; 5 – непрерывная лента стекла; 6 – поперечные резак; 7 – съемники листов большого формата; 8 – съемники листов малого формата

Источник: данные компании Pilkington

По способу *двухстадийного формования*, разработанному Саратовским институтом, лента стекла выходит из ванны расплава без перегиба на газовоздушную опору (подушку) при температуре более 650°C (рис. 5). При этом уровень олова в ванне выше уровня порога на 2-3 мм, что достигается за счет применения электромагнитных индукторов, также разработанных институтом. На газовоздушной подушке происходит вторая стадия формования ленты, она охлаждается. При этом обеспечивается окончательная фиксация ее геометрической формы, после чего лента передается на приемные валы печи отжига.

Преимуществом двухстадийного способа формования является возможность передачи ленты стекла на приемные валы печи отжига с более низкой температурой ($570-580^{\circ}\text{C}$), что ниже на $20-35^{\circ}\text{C}$, чем в процессе фирмы *Pilkington*, и более надежно обеспечивает сохранность нижней поверхности. Что касается процессов восстановления оксидов олова, то поскольку температура олова в выходной части ванны расплава выше примерно на 50°C и составляет около 650°C , процессы восстановления оксидов олова идут интенсивнее, и тем самым повышается качество нижней поверхности ленты стекла.

Рисунок 5. Способ формирования флоат-стекла, разработанный Саратовским институтом стекла



1 – жидкая стекломасса; 2 – дозирующий шибер; 3 – сливной лоток; 4 – рестрикторы; 5 – ванна расплава; 6 – расплав олова; 7 – лента стекла; 8 – индуктор; 9 – газовоздушная подушка; 10 – приемные валы печи отжига

Источник: ГНИИС

Технология производства и мощности российских производителей по выпуску листового стекла по состоянию на начало 2011 гг. представлены в табл. 2.