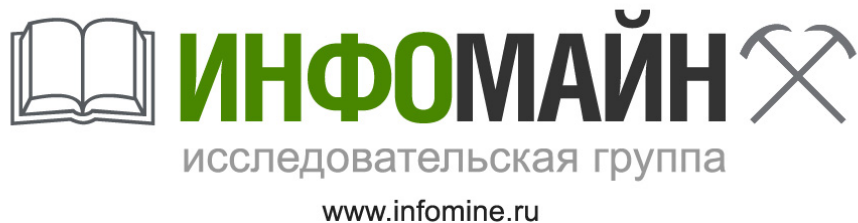


Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,  
металлургии и химической промышленности



# Обзор рынка листового стекла (флоат и ВВС) в России

Москва  
август, 2013

## Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: <http://www.infomine.ru/research/30/435>

Общее количество страниц: 138 стр.  
Стоимость отчета – 36 000 рублей (с НДС)

Этот отчет был подготовлен экспертами ООО «ИНФОМАЙН» исключительно в целях информации. Содержащаяся в настоящем отчете информация была получена из источников, которые, по мнению экспертов ИНФОМАЙН, являются надежными, однако ИНФОМАЙН не гарантирует точности и полноты информации для любых целей. Информация, представленная в этом отчете, не должна быть истолкована, прямо или косвенно, как информация, содержащая рекомендации по инвестициям. Все мнения и оценки, содержащиеся в настоящем материале, отражают мнение авторов на день публикации и подлежат изменению без предупреждения. ИНФОМАЙН не несет ответственность за какие-либо убытки или ущерб, возникшие в результате использования любой третьей стороной информации, содержащейся в настоящем отчете, включая опубликованные мнения или заключения, а также последствия, вызванные неполнотой представленной информации. Информация, представленная в настоящем отчете, получена из открытых источников либо предоставлена упомянутыми в отчете компаниями. Дополнительная информация предоставляется по запросу. Этот документ или любая его часть не может распространяться без письменного разрешения ИНФОМАЙН либо тиражироваться любыми способами.

Copyright © ООО «ИНФОМАЙН».

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ.....</b>	<b>9</b>
<b>Введение .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Технология производства стекла в России и в мире и используемое для этого оборудование .....</b>	<b>13</b>
<b>2. Сырье для производства стекла в России .....</b>	<b>26</b>
2.1. Кварцевые пески.....	27
2.2. Карбонатное сырье.....	32
2.2.1. Доломит .....	32
2.2.2. Мел .....	33
2.2.3. Известняк и известь .....	34
2.3. Полевой шпат .....	35
2.4. Кальцинированная сода.....	36
2.5. Сульфат натрия .....	36
<b>3. Производство листового стекла в России .....</b>	<b>37</b>
3.1. Объем производства листового стекла в России в 2000-2013 гг.....	37
3.2. Структура производства листового стекла по методу изготовления (флоат-метод и метод вертикального вытягивания стекла) .....	41
3.3. Региональная структура производства листового стекла в России.....	42
3.4. Основные предприятия-производители листового стекла в РФ; их мощности и текущее состояние .....	43
3.4.1. <i>Asahi Glass Company Co Ltd. (Япония)</i> .....	43
ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» (Нижегородская обл.) .....	43
ООО «Эй Джи Си Флэт Гласс Клин» (Московская обл.).....	50
3.4.2. <i>ОАО «Салаватстекло» (Республика Башкортостан)</i> .....	54
3.4.3. <i>ОАО «Саратовстройстекло» (Саратовская обл.)</i> .....	62
3.4.4. <i>ООО «Пулкингтон Гласс» (Московская обл.)</i> .....	68
3.4.5. <i>Guardian Industries</i> .....	72
ООО «Гардиан Стекло Рязань» (Рязанская обл.).....	72
ООО «Гардиан Стекло Ростов» (Ростовская обл.).....	75
3.4.6. <i>ОАО «ЮгРосПродукт» (Ставропольский край)</i> .....	76
3.5. Основные проекты строительства предприятий по выпуску листового стекла в России .....	80
<b>4. Анализ внешнеторговых операций в России за период 2000-2012 гг. и за 6 мес. 2013 г. ....</b>	<b>83</b>
4.1. Российский экспорт листового стекла .....	86
4.2. Российский импорт листового стекла.....	92

<b>5. Потребление листового стекла в России в 2000-2013 гг.</b>	<b>100</b>
5.1. Баланс производства-потребления листового стекла	100
5.2. Региональная структура потребления листового стекла	103
5.3. Отраслевая структура потребления листового стекла	105
5.4. Анализ факторов, обуславливающих спрос на листовое стекло, востребованный ассортимент продукции	106
<b>6. Ценовой анализ</b>	<b>119</b>
6.1. Динамика средних цен на листовое стекло в России в 2006-2013 гг.	119
6.2. Анализ экспортно-импортных цен на листовое стекло за 2000-2012 гг.	123
6.3. Прогноз ценовой конъюнктуры рынка в 2013-2020 гг.	127
<b>7. Прогноз спроса и предложения на рынке листового стекла в 2013-2020 гг.</b>	<b>128</b>
7.1. Прогноз производства листового стекла в России в 2013-2020 гг.	128
7.2. Прогноз развития потребляющих отраслей	130
7.3. Прогноз потребления листового стекла	134
<b>Приложение: Адреса и контактная информация основных производителей листового стекла</b>	<b>137</b>

## 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 России в 2000-2013 гг., млн м<sup>2</sup>
- Таблица 5. Производство стекла ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» в 2000-2012 гг.
- Таблица 6. Объемы и направления поставок листового стекла ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» по потребителям в 2007-2012 гг., т
- Таблица 7. Финансовые показатели работы ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» в 2006-2012 гг.
- Таблица 8. Динамика производства стекла ООО «Эй Джи Си Флэт Гласс Клин» в 2005-2012 гг.
- Таблица 9. Объемы и направления поставок листового стекла ООО «Эй Джи Си Флэт Гласс Клин» по потребителям в 2007-2012 гг., т
- Таблица 10. Производство листового стекла ОАО «Салаватстекло» в 2000-2012 гг., тыс. м<sup>2</sup>
- Таблица 11. Объемы и направления поставок листового стекла ОАО «Салаватстекло» по потребителям в 2007-2012 гг., т
- Таблица 12. Финансово-экономические показатели работы ОАО «Салаватстекло» в 2006-2012 гг.
- Таблица 13. Производство листового стекла ОАО «Саратовстройстекло» в 2000-2012 гг.
- Таблица 14. Объемы и направления поставок листового стекла ОАО «Саратовстройстекло» по потребителям в 2007-2012 гг., т
- Таблица 15. Финансовые показатели работы ОАО «Саратовстройстекло» в 2005-2012 гг.
- Таблица 16. Производство листового стекла ООО «Пилкингтон Гласс» в 2006-2012 гг.
- Таблица 17. Объемы и направления поставок листового стекла ООО «Пилкингтон Гласс» по потребителям в 2007-2012 гг., т
- Таблица 18. Производство листового стекла ООО «Гардиан Стекло Рязань» в 2008-2012 гг.
- Таблица 19. Объемы и направления поставок листового стекла ООО «Гардиан Стекло Рязань» по потребителям в 2008-2012 гг., т
- Таблица 20. Производство листового стекла ОАО «Югроспродукт» в 2010-2012 гг.
- Таблица 21. Поставки листового стекла ОАО «Югроспродукт» по потребителям в 2010-2012 гг., т
- Таблица 22. Объемы внешнеторговых операций России с листовым стеклом в 2000-2013 гг., млн м<sup>2</sup>

- Таблица 23. Экспортные поставки листового стекла России в натуральном и денежном выражении за период 2000-2012 гг., млн м<sup>2</sup>, млн \$
- Таблица 24. Экспортные поставки листового стекла России по странам в 2005-2013 гг., млн м<sup>2</sup>, млн \$
- Таблица 25. Объемы и направления поставок листового стекла ведущими российскими экспортерами в 2008-2012 гг., тыс. м<sup>2</sup>
- Таблица 26. Российский импорт листового стекла в 2000-2012 гг., млн м<sup>2</sup>, млн \$
- Таблица 27. Импорт листового стекла Россией по направлению поставок в 2005-2013 гг., млн м<sup>2</sup>, млн \$
- Таблица 28. Объемы и направления поставок листового стекла основным российским импортерам за период 2009-2012 гг., тыс. м<sup>2</sup>
- Таблица 29. Баланс потребления листового стекла в России в 2000-2013 гг., млн м<sup>2</sup>, %
- Таблица 30. Потребление флоат-стекла в России в 2011 г. по федеральным округам, млн м<sup>2</sup>, %
- Таблица 31. Структура потребления листового стекла в России, %
- Таблица 32. Выполнение работ по договорам строительного подряда в России в 2000-2012 гг., млрд руб.
- Таблица 33. Общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя в 2009-2011 гг., м<sup>2</sup>
- Таблица 34. Ввод в действие жилых домов в России в 2004-2012 гг., млн м<sup>2</sup>
- Таблица 35. Динамика общей площади введенных нежилых зданий по федеральным округам РФ в 2000-2012 гг., млн м<sup>2</sup>
- Таблица 36. Среднегодовые цены российских производителей на листовое стекло и темпы их роста в 2006-2012 гг., без НДС (руб./м<sup>2</sup>, \$/м<sup>2</sup>, %)
- Таблица 37. Среднегодовые потребительские цены на листовое стекло и темпы их роста в 2006-2012 гг., без НДС (руб./м<sup>2</sup>, \$/м<sup>2</sup>, %)
- Таблица 38. Цены на листовое стекло российских производителей в 2012 г., руб./м<sup>2</sup>, с НДС
- Таблица 39. Перспективные проекты роста мощностей по производству флоат-стекла в России
- Таблица 40. Целевые показатели Программы «Обеспечение доступным и комфортным жильём и коммунальными услугами граждан Российской Федерации» по годовому объёму ввода жилья в разрезе субъектов Российской Федерации в 2011-2020 гг., млн м<sup>2</sup>
- Таблица 41. Прогноз потребления листового стекла в России в целом и в рамках федеральных округов до 2020 г., млн м<sup>2</sup>

## 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. Динамика производства листового стекла в России в 2000-2012 гг., млн м<sup>2</sup>
- Рисунок 7. Основные российские производители листового стекла
- Рисунок 8. Изменение структуры производства листового стекла по методу изготовления (флоат-метод и метод вертикального вытягивания стекла), 2004-2012 гг., %
- Рисунок 9. Региональная структура производства листового стекла в России в 2005-2012 гг., %
- Рисунок 10. Динамика внешнеторговых операций России с листовым стеклом в 2000-2012 гг., млн м<sup>2</sup>
- Рисунок 11. Динамика российского экспорта листового стекла в натуральном и денежном выражении в 2000-2012 гг., млн м<sup>2</sup>, млн \$
- Рисунок 12. Изменение региональной структуры российского экспорта листового стекла в 2008-2012 гг., млн м<sup>2</sup>
- Рисунок 13. Динамика российского импорта листового стекла в натуральном и денежном выражении в 2000-2012 гг., млн м<sup>2</sup>, млн \$
- Рисунок 14. Изменение региональной структуры российского импорта листового стекла в 2008-2013 гг., млн м<sup>2</sup>
- Рисунок 15. Структура импорта по видам стекла в 2012 г., %
- Рисунок 16. Динамика производства, экспорта, импорта и потребления листового стекла в России в 2000-2013 гг., млн м<sup>2</sup>
- Рисунок 17. Региональная структура потребления листового стекла по федеральным округам России в 2011-2012 гг., %
- Рисунок 18. Динамика ввода жилья в РФ в 2000-2012 гг., млн м<sup>2</sup>, % к пред. году
- Рисунок 19. Региональная структура ввода жилья в эксплуатацию в РФ в 2012 г., %
- Рисунок 20. Динамика общей площади введенных нежилых зданий в России в 1999-2012 гг., млн м<sup>2</sup>
- Рисунок 21. Региональная структура ввода в эксплуатацию нежилой недвижимости в 2012 г., %
- Рисунок 22. Динамика производства автомобильного транспорта в России в 2000-2012 гг., млн шт.

- Рисунок 23. Помесячная динамика средних цен на листовое стекло в России в 2007-2013 гг., руб./м<sup>2</sup>, без НДС
- Рисунок 24. Помесячная динамика среднероссийских потребительских цен на листовое стекло в 2007-2013 гг., руб./м<sup>2</sup>, без НДС
- Рисунок 25. Динамика экспортно-импортных цен на листовое стекло в России в 2000-2012 гг., \$/м<sup>2</sup>
- Рисунок 26. Среднегодовые цены на экспортируемое листовое стекло в 2007-2012 гг., \$/м<sup>2</sup>
- Рисунок 27. Среднегодовые цены на импортируемое листовое стекло в 2007-2012 гг., \$/м<sup>2</sup>
- Рисунок 28. Прогноз производства листового стекла в России в 2013-2020 гг., млн м<sup>2</sup>
- Рисунок 29. Прогноз объемов строительства жилья в России в 2013-2020 гг., млн м<sup>2</sup>
- Рисунок 30. Прогноз потребления листового стекла в России в 2013-2020 гг., млн м<sup>2</sup>



## АННОТАЦИЯ

Настоящий отчет является исследованием рынка листового стекла в России.

Мониторинг рынка ведется с 2008 года.

**Цель исследования** – анализ российского рынка листового стекла.

**Объектом исследования** являются бесцветное листовое стекло, произведенное по флоат-технологии и методом вертикального вытягивания, а также стекла с дополнительными свойствами, такие как тонированные, энергосберегающие и солнцезащитные стекла.

Данная работа является **кабинетным исследованием**. В качестве **источников информации** использовались данные Росстата, Федеральной таможенной службы РФ, официальной статистики железнодорожных перевозок ОАО «РЖД»; использованы данные базы UNdata, отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, а также интернет-сайтов производителей листового стекла.

**Хронологические рамки исследования:** 2000-6 мес.2013 гг., прогноз – 2013-2020 гг.

**География исследования:** Российская Федерация – комплексный подробный анализ рынка.

Отчет состоит из 7 частей, содержит 138 страниц, в том числе 41 таблицу, 30 рисунков и 1 приложение.

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.

**Третья глава** отчета посвящена производству листового стекла в России. В этом разделе приведены статистика выпуска данной продукции в 2000-2012 гг. и за 6 месяцев 2013 г., 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. Кроме того, описаны основные проекты строительства предприятий по выпуску листового стекла в России.

В **четвертой главе** анализируются российские внешнеторговые операции с листовым стеклом за период 2000-2012 гг. и за 6 месяцев 2013 г. 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, приведен баланс производства-потребления данной продукции в России, оценена динамика «видимого» потребления листового стекла. Также в данном разделе приведена отраслевая и региональная структура потребления, дан

анализ ситуационного развития строительной отрасли в России и ее перспективы.

**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 2020 г.

В **седьмой главе** отчета приводится прогноз развития производства и потребления листового стекла до 2020 г., учитывающий прогноз развития основных потребляющих отраслей.

В **приложении** приведена контактная информация основных производителей листового стекла в России.

**Целевая аудитория исследования:**

- участники рынка листового стекла – производители, потребители, трейдеры;
- потенциальные инвесторы.

Предлагаемое исследование претендует на роль **справочного пособия** для служб маркетинга и специалистов, принимающих управленческие решения, работающих на рынке листового стекла.

## Введение

Листовое стекло является одним из важнейших видов строительных материалов, с помощью которого создается различная освещенность помещений, регулируется поступление и потери тепла. Как новые проекты строительства, так и реконструкция существующих зданий требуют большого количества изделий из стекла.

Архитекторы все чаще стремятся привнести естественные факторы окружающей среды во внутреннюю часть здания за счет максимального естественного освещения. Это достигается за счет использования больших площадей остекления фасадов и крыш, а также через полностью застекленные фасады, где стекло является структурным компонентом здания. Помимо функционального назначения стекло является прекрасным декоративным материалом, обеспечивающим возможность разнообразного оформления зданий и украшения их интерьера.

Листовое стекло применяют для заполнения световых проемов в зданиях и сооружениях промышленного, гражданского, жилищного и сельскохозяйственного назначения как материал, обеспечивающий естественную освещенность внутри помещений. Витринное стекло применяют для остекления витрин и больших световых проемов в торговых и общественных зданиях. Техническое стекло используется для остекления автомобилей, самолетов, судов, а также для других технических целей. Мебельное стекло используется для изготовления мебели.

Возможности этого материала значительно расширяются путем придания ему различной тепло- и светопрозрачности, применения многих методов его окраски и декорирования. Для оформления интерьера широко используются декоративные зеркала.

Листовое стекло может быть получено тремя основными способами: вытягивание, прокат, флоат-способ.

Способ непрерывного проката является одним из наиболее простых и высокопроизводительных поточных способов производства листового стекла. Стекло, полученное способом непрерывного проката, не может быть применено без дополнительной обработки там, где требуется обеспечить хорошую видимость просматриваемых через него предметов. Это обстоятельство предопределило применение способа непрерывного проката для выработки "сырого" стекла, идущего затем на конвейерное шлифование и полирование, а также узорчатого и армированного стекла.

Метод вертикального вытягивания заключается в том, что из стекловаренной печи извлекается вязкая стеклянная масса и интенсивно охлаждается в холодильниках, после чего, при помощи специальных машин, вытягивается в непрерывные ленты. По сравнению с термополированным

стеклом оно характеризуется относительно низким качеством поверхностей и большими оптическими искажениями.

Заводы вертикального вытягивания стекла находят свою нишу на рынке: поставки стекла для ремонтных целей, для остекления теплиц, выпуск стекла тонких номиналов, поставки стекла для электронной промышленности, но эта ниша сокращается.

В конце XX в. прогресс в науке, промышленности и общественной жизни привел к тому, что высококачественного листового стекла стало не хватать, поэтому на смену методу вертикального вытягивания стекла пришел принципиально новый метод, не требующий больших капиталовложений и дающий идеально плоский лист стекла. Это флоат-метод. Его суть состоит в том, что из стекловаренной печи расплавленная стекломасса поступает во флоат-ванну, заполненную расплавом олова и имеющую защитную азото-водородную атмосферу. Расплав стекломассы свободно растекается по поверхности расплавленного олова и, за счет сил тяжести и поверхностного натяжения, приобретает форму с чрезвычайно плоскими и параллельными поверхностями.

Термополированное (флоат) стекло отличается от тянутого стекла идеальной поверхностью, высокой светопропускающей способностью (89-90%) и великолепными оптическими свойствами, исключая искажение изображения.

В настоящее время флоат-технология является основным методом производства листового стекла как во всем мире, так и в России. Доля стекла, изготовленного методом ВВС в общем объеме российского производства в 2011-2012 гг. не превышала 1-1,5%.

Основной областью потребления листового стекла как в России, так и во всем мире, является строительная отрасль. На долю потребления листового стекла в строительстве приходится до 90% от общего потребления продукции в России. При этом до 55% потребляемого стекла приходится на новое строительство, 35-40% – на ремонт и реконструкцию и 5-10% – на интерьерное остекление. Кроме того, в России в настоящее время доля листового стекла для автомобильной промышленности составляет порядка 7-10%.

За период с 2000 по 2012 гг. производство листового стекла в России увеличилось почти в 3 раза и превысило 217 млн м<sup>2</sup>, при этом рост производства не прекращался даже в кризисные годы. При успешной реализации существующих проектов по строительству стекольных заводов, в 2015 г. производство листового стекла в России может превысить 300 млн м<sup>2</sup>.

По данным «Инфолайн», объем потребления листового стекла в России в настоящее время составляет около 230 млн м<sup>2</sup>.

На основании анализа динамики производства листового стекла, внешнеторговых операций с данной продукцией, а также федеральных и региональных программ по развитию строительства, можно прогнозировать увеличение потребления флоат-стекла в России по отношению к 2012 г. на 30% в 2015 г. и на 75% в 2020 г.

## 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 складывается (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 подслей 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°C. 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 формующими 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 сьем 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 ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ) и другими модификаторами ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{PbO}$ ), но, также, что особенно важно, с оксидом кремния  $\text{SiO}_2$ , 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  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  или обоих вместе на катионы  $\text{Li}^+$ , поступающие из реагента, пребывающего в расплавленной или газовой фазе, в области высоких температур (500-700 $^{\circ}\text{C}$ ). 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 натрий, последний замещается на K, Rb и Cs. Данный процесс протекает при температуре 400-450 $^{\circ}\text{C}$ .

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).

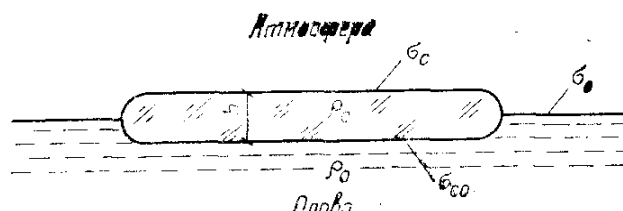
Образование на стекле пленочных покрытий (оксидно-металлических, полимерных органических и кремнийорганических) осуществляется с целью защиты поверхности, ее гидрофобизации и упрочнения, а также изменения оптических свойств. В целом формирование пленочных покрытий осуществляется в условиях повышенной 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 9 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 2. Схема растекания стекломассы на поверхности расплава олова при формировании ленты стекла флоат-способом**



Источник: ГНИИС

Первенство в разработке технологии флоат-стекла принадлежит компании *Pilkington*. Именно она в 1952 г. начала исследования по получению непрерывной ленты стекла на расплаве металла, и после семи лет

экспериментальных, полупромышленных и промышленных работ (т.е. в 1959 г.) добилась выработки качественной продукции.

В том же 1959 г. к разработке установок получения флоат-стекла приступили советские ученые. После выполнения комплекса научно-исследовательских работ Саратовским филиалом Государственного института стекла на лабораторных стендах и установках непрерывного действия был создан способ двухстадийного формования, подкрепленный Авторскими свидетельствами СССР (№№ 230393 и 556593), а также патентом США (№ 4081260), и пущена в эксплуатацию экспериментальная линия выработки флоат-стекла (ЭПКС-4000), давшая первую товарную продукцию.

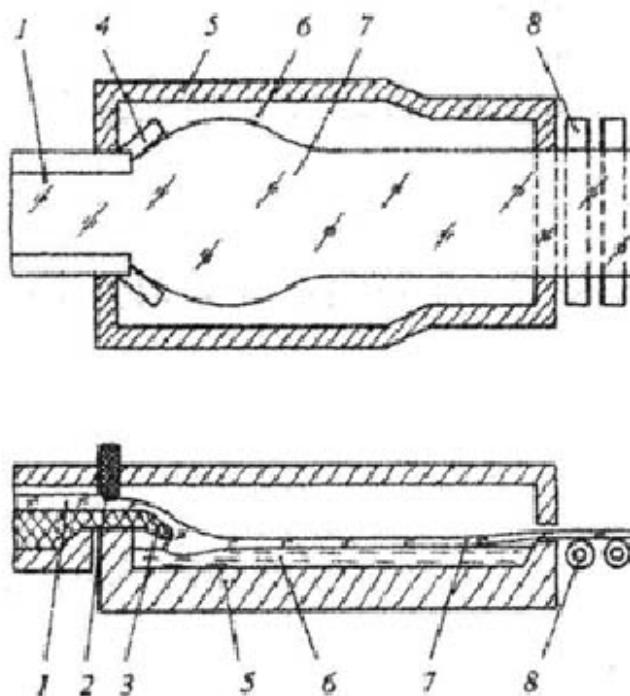
Одновременно в этом же направлении проводились работы на Украине на заводе «Автостекло» (г. Константиновка), где впоследствии были введены в эксплуатацию 3 флоат-установки. Первые две линии – ТПС-1500 и ТПС-3000 с шириной ленты, соответственно, 1500 и 3000 мм – позволяли выпускать полированное стекло толщиной 6-7 мм.

В 1974 г. американская фирма *PPG Industries* запатентовала свой способ производства флоат-стекла, отличный от способов *Pilkington* и Саратовского института. Он был реализован на ряде флоат-линий и также признан независимым.

Таким образом, к настоящему времени известны три принципиально различающихся флоат-способа производства стекла.

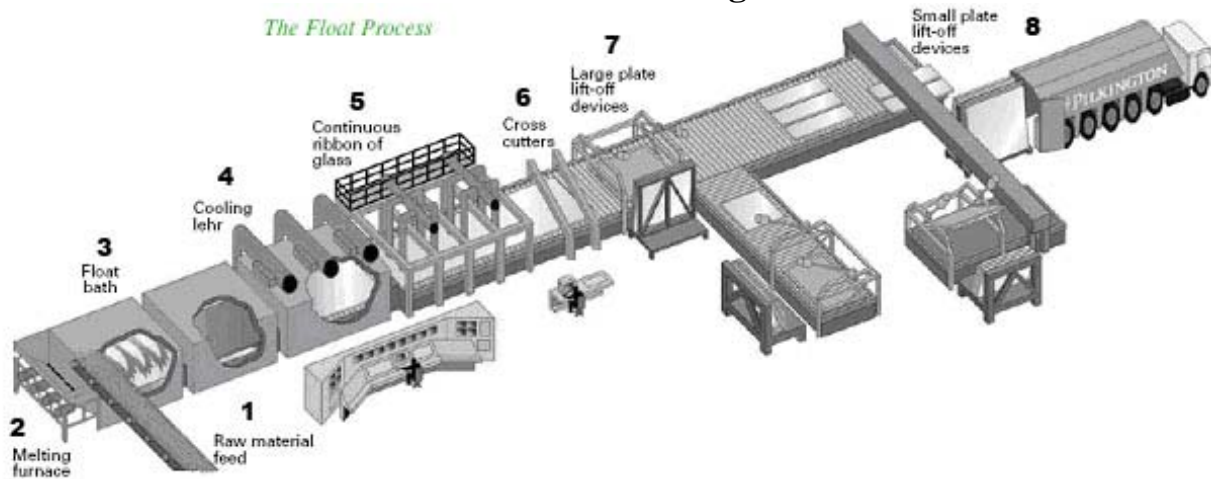
В способе фирмы *Pilkington* подача стекломассы из стекловаренной печи в ванну расплава осуществляется методом свободного слива по узкому лотку, отстоящему на некотором расстоянии от поверхности олова. Отформованная лента стекла выводится из ванны расплава на первый вал печи отжига (шлаковой камеры) с температурой 600-615°C и поднимается над выходным порогом (с перегибом ленты), уровень олова в ванне ниже уровня порога на 8-10 мм (рис. 3). Технологическая схема производства термополированного стекла, используемая компанией *Pilkington*, приведена на рис. 4.

**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**



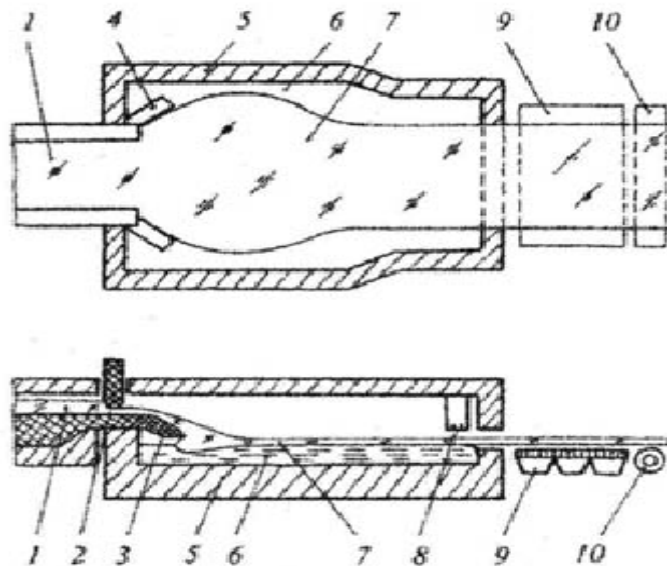
1 – подача сырьевой шихты; 2 – плавильная печь; 3 – ванна расплава олова; 4 – печь отжига; 5 – непрерывная лента стекла; 6 – поперечные резак; 7 – съемники листов большого формата; 8 – съемники листов малого формата

Источник: данные компании Pilkington

По способу *двухстадийного формования*, разработанному Саратовским институтом, лента стекла выходит из ванны расплава без перегиба на газоздушную опору (подушку) при температуре более  $650^{\circ}\text{C}$  (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 газоздушной 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 ( $570\text{-}580^{\circ}\text{C}$ ), что ниже на  $20\text{-}35^{\circ}\text{C}$ , 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  $50^{\circ}\text{C}$  и составляет около  $650^{\circ}\text{C}$ , 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 – газоздушная подушка; 10 – приемные валы печи отжига

Источник: ГНИИС

Технология производства и мощности российских производителей по выпуску листового стекла по состоянию на начало 2013 г. представлены в табл. 2.