

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



**Обзор рынка
непрерывного
базальтового волокна,
армирующих изделий и
материалов
на его основе в СНГ**

5 издание

Москва
июль 2020

Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: <http://www.infomine.ru/research/29/328>

Общее количество страниц: 183 стр.

Стоимость отчета – 96 000 рублей

Этот отчет был подготовлен экспертами ООО «ИГ «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. Инфомайн приложил все возможные усилия, чтобы проверить достоверность имеющихся сведений, показателей и информации, содержащихся в исследовании, однако клиенту следует учитывать наличие неустраняемых сложностей в процессе получения информации, зачастую касающейся непрозрачных и закрытых коммерческих операций на рынке. Исследование может содержать данные и информацию, которые основаны на различных предположениях, некоторые из которых могут быть неточными или неполными в силу наличия изменяющихся и неопределенных событий и факторов. Кроме того, в ряде случаев из-за погрешности при округлении, различий в определениях, терминах и их толкованиях, а также использования большого числа источников, данные могут показаться противоречивыми. Инфомайн предпринял все меры для того, чтобы не допустить очевидных несоответствий, но некоторые из них могут сохраняться.

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 проводит какую-либо последующую работу по обновлению, дополнению и изменению содержания исследования и проверке точности данных, содержащихся в нем. 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.

Этот документ или любая его часть не может распространяться без письменного разрешения Инфомайн либо тиражироваться любыми способами. Заказчик имеет право проводить аудит (экспертизу) исследований рынков, полученных от Исполнителя только в компаниях, имеющих членство ассоциации промышленных маркетологов ПРОММАР (<http://www.prommar.ru>) или силами экспертно-сертификационного совета ассоциации ПРОММАР. В других случаях отправка исследований на аудит или экспертизу третьим лицам считается нарушением авторских прав.

Copyright © ООО «ИГ «Инфомайн».

Содержание

Аннотация.....	10
Введение	12
1. Характеристика базальтового волокна.....	16
1.1. Сырье для производства базальтовых волокон.....	16
1.2. История создания непрерывного базальтового волокна (БНВ)	20
1.3. Технология производства непрерывного базальтового волокна	23
1.4. Основные физико-химические характеристики базальтового волокна	27
1.5. Сравнительные характеристики БНВ и стекловолокна	29
1.6. Основные технологии переработки непрерывного базальтового волокна	32
.....	32
1.6.1. Производство однонаправленных лент.....	32
1.6.2. Производство базальтовых тканей	32
1.6.3. Производство вуалей	33
1.6.4. Переработка в рубленое базальтовое волокно.....	33
1.6.5. Производство иглопробивных матов	34
1.6.6. Технология намотки стекло- и базальтопластиков.....	35
1.6.7. Технология пултрузии	36
1.6.8. Технология бесфильтрной пултрузии (нидлтрузии)	38
1.6.9. Препреги.....	38
1.6.10. Технология вакуумной инфузии (инжекции).....	40
1.7. Виды продукции на основе БНВ и области ее применения	42
1.7.1. Области применения армирующих свойств	45
1.7.2. Области использования других свойств.....	46
2. Краткая характеристика мирового рынка непрерывного базальтового	48
волокна	48
3. Производство непрерывного базальтового волокна в СНГ	52
3.1. Производство непрерывного базальтового волокна в России (2010-2019	55
гг.)	55
3.1.1. Основные производители непрерывного базальтового волокна в	57
России	57
3.1.2. Прочие предприятия по производству БНВ	75
3.1.3. Проекты по организации производства БНВ в России	86
3.2. Производство БНВ на Украине	88
3.3. Производство БНВ в Белоруссии	92
3.4. Производство БНВ в Узбекистане.....	95

4. Производство армирующих изделий из непрерывного базальтового волокна	96
4.1. Композитная арматура.....	97
4.1.1. Основные свойства и области применения композитной арматуры	97
4.1.2. Нормативные документы по применению композитной арматуры	103
4.1.3. Производство композитной арматуры	107
4.2. Композитные гибкие связи и крепеж	116
4.2.1. Понятие о гибких связях и их характеристика.....	116
4.2.2. Производство композитных гибких связей.....	120
4.3. Базальтовые армирующие сетки.....	122
4.3.1. Свойства и применение базальтовых сеток	122
4.3.2. Отличительные особенности базальтовых сеток.....	125
4.3.3. Производство базальтовых сеток	127
5. Дисперсное армирование базальтовой фиброй.....	137
5.1. Особенности дисперсного армирования.....	137
5.2. Применение базальтовой фибры	139
6. Внешнеторговые операции с материалами и изделиями на основе БНВ в России и на Украине в 2007-2019 гг.....	144
6.1. Внешнеторговые операции России	144
6.2. Внешнеторговые операции Украины.....	156
7. Обзор экспортно-импортных и внутренних цен на материалы и изделия на основе БНВ	161
7.1. Обзор экспортно-импортных цен в России (2007-2019) и на Украине (2007-2018) гг.....	161
7.2. Обзор цен на армирующие композитные материалы на внутреннем рынке России	165
8. Потребление непрерывного базальтового волокна в России в 2010-2019 гг.	170
9. Прогноз развития рынка непрерывного базальтового волокна и армирующих изделий из него на период до 2025 г.	173
Приложение. Контактная информация.....	182

Список таблиц

- Таблица 1. Химический состав горных пород, пригодных в качестве однокомпонентного сырья для производства различного вида волокон
- Таблица 2. Минералогический состав горных пород, пригодных в качестве однокомпонентного сырья для производства различных видов волокон
- Таблица 3. Свойства расплавов базальтовых горных пород
- Таблица 4. Основные характеристики установок по производству непрерывных базальтовых волокон ГП НТЦ «Бавома»
- Таблица 5. Прочностные характеристики базальтового волокна
- Таблица 6. Химическая стойкость базальтовых волокон, %
- Таблица 7. Сравнительные характеристики волокон
- Таблица 8. Сравнительные характеристики нитей из стеклянных и базальтовых волокон
- Таблица 9. Зависимость текса директ-ровинга от диаметра элементарной нити и количества фильер питателя
- Таблица 10. Зависимость количества комплексных нитей в ровинге от количества фильер питателя
- Таблица 11. Основные виды продукции на основе БНВ и области их применения
- Таблица 12. Технические характеристики директ-ровинга производства ООО «Каменный век»
- Таблица 13. Технические характеристики трощеного ровинга производства ООО «Каменный век»
- Таблица 14. Технические характеристики крученой нити производства ООО «Каменный век»
- Таблица 15. Технические характеристики иглопробивных матов производства ООО «Каменный век»
- Таблица 16. Технические характеристики биаксиальных тканей производства ООО «Каменный век»
- Таблица 17. Зарубежные дистрибьюторы ООО «Каменный Век»
- Таблица 18. Основные финансово-экономические показатели деятельности ООО «Каменный век» в 2011-2019 гг., млн руб.
- Таблица 19. Основные финансово-экономические показатели деятельности ООО «НПО «Вулкан», ООО «ПЗКИ» и ООО «ТД ПЗКИ» в 2011-2019 гг., млн руб
- Таблица 20. Технические характеристики базальтового ровинга производства ЗАО «Базальтовое волокно»
- Таблица 21. Основные финансово-экономические показатели деятельности ЗАО «Базальтовое волокно» и ООО НПО «Базальтовые технологии» в 2011-2019 гг., млн руб
- Таблица 22. Технические характеристики базальтового ровинга производства ООО «Русский базальт»
- Таблица 23. Основные финансово-экономические показатели деятельности

- ООО «Русский базальт» в 2013-2019 гг., млн руб
- Таблица 24. Технические характеристики директ-ровинга производства НПЦ «ЛАВАинтел»
- Таблица 25. Технические характеристики трощеного ровинга производства НПЦ «ЛАВАинтел»
- Таблица 26. Технические характеристики полимерной фибры производства НПЦ «ЛАВАинтел»
- Таблица 27. Основные финансово-экономические показатели деятельности ООО «НБТ «Дагестан» в 2013-2019 гг., млн руб, тыс. руб
- Таблица 28. Технические характеристики базальтовых комплексных нитей производства ПАО «НЗСВ»
- Таблица 29. Технические характеристики базальтового ровинга, производства ПАО «НЗСВ»
- Таблица 30. Номенклатура и технические характеристики базальтового ровинга производства ОАО «Ивотстекло»
- Таблица 31. Технические характеристики базальтовой рубленой нити производства АО «Ивотстекло»
- Таблица 32. Основные финансово-экономические показатели деятельности ООО «ТБМ» в 2012-2015 гг., млн руб
- Таблица 33. Технические характеристики базальтопластиковой арматуры производства ООО «Технобазальт Инвест»
- Таблица 34. Характеристики базальтового ровинга производства ЗАО «НТБ»
- Таблица 35. Сравнительная характеристика различных типов арматуры
- Таблица 36. Сравнительная характеристика базальтопластиковой и стеклопластиковой арматуры
- Таблица 37. Сравнительная характеристика стальной и базальтовой арматуры
- Таблица 38. Требования ГОСТ 31938-2012 к физико-механическим показателям композитной арматуры
- Таблица 39. Технические характеристики базальтопластиковой и стеклопластиковой арматуры ROCKBAR производства ООО «Гален»
- Таблица 40. Технические характеристики композитной сетки ROCKMESH производства ООО «Гален»
- Таблица 41. Объем и направление экспортных поставок продукции ООО «Гален» в 2016-2019 гг.
- Таблица 42. Основные финансово-экономические показатели деятельности в 2011-2019 гг., млн руб
- Таблица 43. Технические характеристики гибких базальтопластиковых связей производства ТГ «Экипаж»
- Таблица 44. Сравнение эффективности металлических и базальтопластиковых связей
- Таблица 45. Технические характеристики гибких связей из базальтопластика ООО «Гален»
- Таблица 46. Технические характеристики строительных дюбелей ООО «Гален»
- Таблица 47. Физико-механические характеристики базальтовых сеток

- Таблица 48. Физико-механические характеристики базальтовых тканей
- Таблица 49. Сравнительная характеристика сеток из стеклянного и базальтового волокна
- Таблица 50. Технические характеристики базальтовых тканей производства ООО «Судогодские стеклопластики»
- Таблица 51. Технические характеристики дорожных сеток ООО «Судогодские стеклопластики»
- Таблица 52. Технические характеристики сеток строительных для кладочных и связевых работ ООО «Судогодские стеклопластики»
- Таблица 53. Основные финансово-экономические показатели деятельности ООО «Судогодские стеклопластики» в 2011-2019 гг., млн руб
- Таблица 54. Основные финансово-экономические показатели деятельности ООО «Рекстром-К» в 2013-2019 гг., млн руб
- Таблица 55. Технические характеристики геосеток производства ООО «Рекстром-К»
- Таблица 56. Технические характеристики геосеток производства ООО «БауТекс»
- Таблица 57. Характеристика базальтовой фибры
- Таблица 58. Рекомендации к применению базальтовой фибры в бетонах
- Таблица 59. Объемы экспорта продукции на основе БНВ российскими производителями в 2007-2015 гг., т
- Таблица 60. Объемы экспорта продукции на основе БНВ российскими производителями в 2016-2019 гг., т
- Таблица 61. Объемы и направления экспорта продукции на основе БНВ ООО «Каменный век» в 2007-2019 гг., т
- Таблица 62. Российские получатели импортного базальтового волокна в 2014-2019 гг., т
- Таблица 63. Объемы экспорта материалов и изделий на основе БНВ украинскими производителями в 2007-2019 гг., т
- Таблица 64. Объем импорта продукции на основе БНВ украинскими предприятиями в 2016-2018 гг., т
- Таблица 65. Среднегодовые экспортные цены российских производителей на продукцию на основе БНВ в 2007-2019 гг., тыс. \$/т
- Таблица 66. Цена на импортный ровинг и сетки на основе БНВ в 2014-2019 гг., тыс. \$/т
- Таблица 67. Цены на композитную арматуру ROCKVAR производства ООО «Гален», руб/пог. м, с НДС
- Таблица 68. Цены на композитную арматуру ROCKVAR производства ООО «Гален» в 2020 г., руб/пог. м, с НДС
- Таблица 69. Цены на композитную арматуру ООО «Армпласт»
- Таблица 70. Сравнительная характеристика металлической и композитной арматуры при равнопрочной замене
- Таблица 71. Прайс-лист на продукцию ООО «Судогодские стеклопластики», руб, с учетом НДС

Таблица 72. Цены на кладочную сетку производства ООО «Композит Групп Челябинск»

Таблица 73. Баланс производства-потребления непрерывного базальтового волокна в России в 2010-2019 гг., т, %

Таблица 74. Выполнение работ по договорам строительного подряда в России в 2000-2019 гг., млрд руб., %

Таблица 75. Ввод в действие зданий в России в 2013-2019 гг., млн м²

Список рисунков

- Рисунок 1. Структура использования стекло- и базальтового волокна в США
- Рисунок 2. Структура использования стекло- и базальтового волокна в Европе
- Рисунок 3. Установка для производства непрерывных базальтовых волокон
- Рисунок 4. Сравнительные характеристики прочности на растяжение базальтового волокна и стекловолокон, МПа
- Рисунок 5. Сравнительные характеристики модуля упругости базальтового волокна и стекловолокон, ГПа
- Рисунок 6. Схема изготовления композитных изделий методом намотки
- Рисунок 7. Схема работы пултрузионной установки
- Рисунок 8. Схема производства препрегов
- Рисунок 9. Схема изготовления композитов методом вакуумной инъекции
- Рисунок 10. Динамика и структура производства непрерывного базальтового волокна в России в 2010-2019 гг., т
- Рисунок 11. Динамика производства и экспорта непрерывного базальтового волокна ООО «Каменный век» в 2010-2019 гг., т
- Рисунок 12. Многослойная ограждающая конструкция: а) без учета гибких связей; б) с гибкими связями из металла; в) с гибкими связями из композиционных материалов
- Рисунок 13. Динамика экспорта материалов и изделий на основе БНВ России в 2007-2019 гг. (т, тыс. \$)
- Рисунок 14. Региональная структура экспорта продукции ООО «Каменный век» в 2007-2019 гг., %
- Рисунок 15. Динамика и структура российского экспорта БНВ и продукции на его основе в 2007-2019 гг., т
- Рисунок 16. Динамика экспорта продукции на основе БНВ Украины в 2007-2018 гг. (т, тыс. \$)
- Рисунок 17. Структура экспорта продукции на основе БНВ украинскими предприятиями в 2007-2018 гг., т
- Рисунок 18. Динамика среднегодовых экспортных цен на основные виды продукции на основе БНВ в 2007-2019 гг., \$/т
- Рисунок 19. Динамика среднегодовых экспортных цен ООО «Технобазальт Инвест» и ЗАО «НТБ» в 2007-2018 гг., \$/т
- Рисунок 20. Динамика производства, экспорта и потребления непрерывного базальтового волокна в России в 2010-2019 гг., т
- Рисунок 21. Структура потребления непрерывного базальтового волокна в России, %
- Рисунок 22. Динамика ввода жилья в России в 2000-2019 гг., млн м²
- Рисунок 23. Прогноз производства непрерывного базальтового волокна в России до 2025 гг., т

Аннотация

Настоящий обзор является пятым изданием исследования рынка непрерывного базальтового волокна (БНВ) и армирующих материалов и изделий из него в СНГ.

Цель исследования – анализ рынка непрерывного базальтового волокна и армирующих материалов и изделий из него в СНГ.

Объектом исследования является непрерывное базальтовое волокно, а также армирующие материалы и изделия на его основе.

Хронологические рамки исследования: 2007-2019 гг., прогноз – 2020-2025 гг.

География исследования: Россия – комплексный подробный анализ, другие страны СНГ и мировой рынок – краткая характеристика.

Данная работа является, преимущественно, «кабинетным» исследованием. В качестве источников информации использовались данные Федеральной службы государственной статистики РФ (ФСГС РФ), статистики железнодорожных перевозок РФ, Федеральной таможенной службы РФ, Таможенного комитета Украины.

Также были привлечены данные отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, интернет-сайтов предприятий-производителей непрерывного базальтового волокна и армирующих изделий на его основе.

Неоценимую помощь в подготовке данного обзора оказали в ходе телефонных интервью представители компаний – производителей непрерывного базальтового волокна, а также армирующих изделий из него.

Отличительной особенностью данной работы от других маркетинговых исследований, представленных на рынке России, являются более широкие временные рамки – мониторинг рынка непрерывного базальтового волокна компания «Инфомайн» ведет с 2007 г., а также географическая широта исследования – в обзоре представлен анализ рынка БНВ не только России, но и стран СНГ, также приведен краткий анализ мирового рынка.

Отдельно отметим, что прогноз развития рынка непрерывного базальтового волокна на период до 2020 г., сделанный экспертами «Инфомайн» в 2016 г., осуществился с погрешностью в 4-6%, что свидетельствует о высоком профессиональном уровне выполненной работы.

Отчет состоит из **9** глав, содержит **183** страницы, **75** таблиц, **23** рисунка и Приложение.

В **первой** главе приводится общая информация о непрерывном базальтовом волокне (БНВ), истории его создания и технологии производства, физических и химических свойствах, областях его применения, сравнение с самым близким к нему материалом – стекловолокном. Также в данной главе описаны основные технологии переработки непрерывного базальтового волокна.

Во **второй** главе приведены краткие данные о мировом рынке БНВ и перспективах его развития.

Третья глава посвящена производству непрерывного базальтового волокна в СНГ. В ней приведены данные об объемах и динамике производства БНВ, а также сведения об основных производителях непрерывного базальтового волокна и материалов на его основе с описанием основных видов продукции.

В **четвертой** главе дано описание рынка изделий из БНВ с подробной характеристикой каждого из его сегментов: базальтопластиковой арматуры и композитных гибких связей, базальтовой армирующей сетки.

В **пятой** главе приведена дополнительная информация о дисперсном армировании базальтовой фиброй. По мнению экспертов ООО «Инфолайн», без данной главы рассмотрение рынка армирующих изделий и материалов из БНВ было бы не полным.

В **шестой** главе приведены данные о внешнеэкономических операциях с материалами и изделиями на основе непрерывного базальтового волокна в России и на Украине в 2007-2019 гг.

В **седьмой** главе проанализированы данные о средних экспортных и импортных ценах на БНВ и материалы на его основе в 2007-2019 гг. Кроме того приведен анализ цен на внутреннем рынке России на базальтопластиковую арматуру и аналогичную продукцию из стекловолокна.

В **восьмой** главе приведены данные о динамике производства и потребления непрерывного базальтового волокна в России в 2010-2019 гг.

В заключительной, **девятой** главе, дан прогноз развития рынка БНВ и базальтопластиковой арматуры на период до 2025 г.

В **Приложении** содержится контактная информация производителей непрерывного базальтового волокна и армирующих изделий на его основе в СНГ.

Введение

Непрерывное базальтовое волокно (БНВ) является достаточно «молодым» и очень перспективным видом продукции.

В настоящее время технологией производства непрерывного волокна из базальта владеет ограниченное число стран, Россия и Украина были пионерами в области разработки данных технологий.

Следует отметить, что развитие рынка БНВ в Китае, который в настоящее время является крупнейшим в мире производителем непрерывного базальтового волокна, в области технологий базируется на разработках, сделанных в свое время в России и на Украине.

Доступность сырья для производства БНВ, расширяющийся спектр применения этого материала вызывают все больший интерес к продукции на основе непрерывного базальтового волокна. Одним из приоритетных направлений использования непрерывного базальтового волокна является производство композитных материалов.

Объемы производства и сфера применения армированных волокон в полимерных композитах во всем мире непрерывно расширяются. По сравнению с традиционными материалами композиты на основе волокон обладают рядом преимуществ – коррозионной стойкостью, химической инертностью, низким коэффициентом теплопроводности, высокими удельными механическими характеристиками, малым удельным весом, высокой температурой эксплуатации, долговечностью, низкими затратами на монтаж конструкций.

Базальтовые волокна по своим физико-химическим и механическим свойствам превосходят наиболее широко применяемые стекловолокна из Е-стекла и близки к высокомодульным S-стеклам, при этом значительно дешевле последних.

Объем производства ближайшего аналога БНВ – непрерывного стекловолокна в мире составляет более млн т/г. В то же время мировое производство непрерывного базальтового волокна в 2007 г. оценивалось в 5-6 тыс. т/г, в начале 2010-х гг. оно составляло порядка 10-12 тыс. т/г.

В настоящее время, по экспертным оценкам, емкость мирового рынка непрерывного базальтового волокна составляет 180-190 млн \$, в натуральном выражении это соответствует 50-70 тыс. т/год БНВ.

Наиболее крупными мировыми потребителями композитных пластиков являются технологически развитые страны. Среди лидеров – США, страны Европы – в первую очередь, Германия, Австрия, Италия, Франция; страны АТР – Япония, Южная Корея, Китай.

Потребление композитов в России и в СНГ в настоящее время очень незначительно и составляет порядка 1,5% от объема мирового потребления. Вместе с тем, композитные материалы находят все большее применение в различных отраслях, потенциал роста этого рынка очень велик.

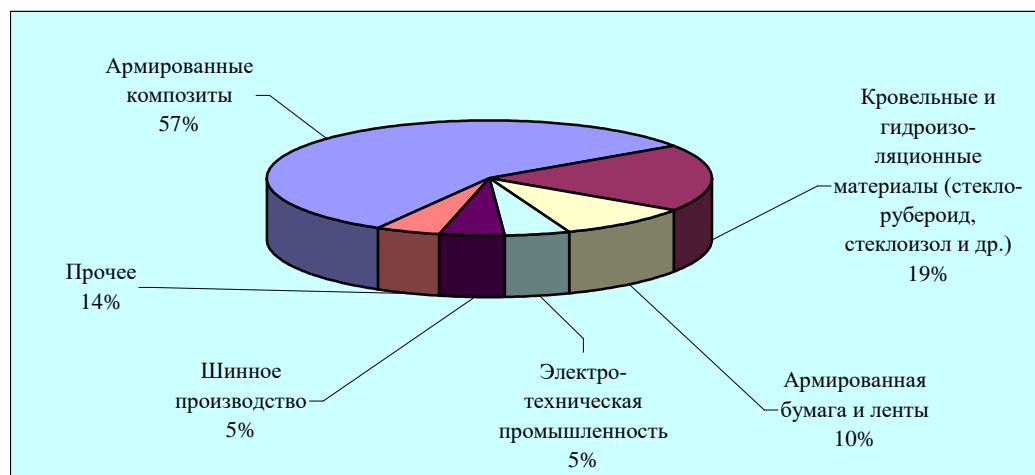
В мировой практике в настоящее время основной объем БНВ и материалов на его основе используется в строительной отрасли в виде армирующих и звуко-теплоизоляционных материалов (с долей порядка 65%).

Около 18% суммарного потребления приходится на транспортное машиностроение, в других отраслях промышленности используется порядка 12%, еще около 5% приходится на прочие применения (спортивные, бытовые товары и пр.).

Наибольшие успехи в использовании полимерных композитов при изготовлении бетонных армированных конструкций достигнуты в Японии, Германии, США и Нидерландах.

Распределение по использованию непрерывных волокон в Европе отличается от США – значительно меньшая часть применяется в армировании (рис. 1, 2).

Рисунок 1. Структура использования стекло- и базальтового волокна в США



Источник: специальная литература

Рисунок 2. Структура использования стекло- и базальтового волокна в Европе



Источник: специальная литература

Одной из проблем, сдерживающих развитие рынка базальтового волокна, является малотоннажное производство данной продукции отдельными производителями, что не позволяет крупным потенциальным потребителям осуществлять закупки у одного поставщика с гарантированным качеством и объемом продукции.

Также рост рынка БНВ сдерживает более высокая стоимость материалов из непрерывного базальтового волокна по сравнению с аналогами из стекловолокна.

Однако неослабевающий интерес к непрерывному базальтовому волокну стимулирует появление новых производств, при этом развитие и совершенствование технологий наряду с расширением (масштабированием) действующих мощностей приводит к снижению себестоимости продукции.

Это, в свою очередь, позволяет снижать цену конечной продукции и привлекать все большее число потребителей.

Рынок непрерывного базальтового волокна в России активно развивается – появляются новые производства и проекты по выпуску БНВ и продукции на его основе. Вместе с тем, в течение последних нескольких лет ряд компаний ушли с рынка, т.к. не выдержали конкуренции (не смогли обеспечить стабильное качество продукции, либо допустили просчеты при оценке экономической модели производства).

По оценке «Инфолайн», в период 2010-2019 гг. производство непрерывного базальтового волокна в России увеличилось в 2,4 раза, при этом потребление данной продукции выросло за это же время в 3 (!) раза.

Производители волокна постоянно ведут работы по совершенствованию технологии производства и улучшению качества продукции.

На основе БНВ выпускается широкий ассортимент материалов и изделий, которые используются во многих отраслях промышленности.

Помимо различных композитных материалов, применяющихся во всех отраслях машиностроения, на основе непрерывных базальтовых волокон производятся эффективные тепло-, звукоизоляционные и огнезащитные материалы. Один из новых видов продукции из БНВ – иглопробивные материалы – изготавливается без применения каких-либо связующих, что является неоспоримым преимуществом по отношению к традиционным теплоизоляционным материалам.

Ввиду того, что производство непрерывного базальтового волокна в России не нашло точного отражения в формах государственной статистической отчетности, многие выводы об объемах производства как самого БНВ, так и изделий из него были сделаны на основе косвенных показателей. Неоценимую помощь в этом оказали специалисты отрасли, которые предоставили важную информацию в телефонных интервью.

1. Характеристика базальтового волокна

1.1. Сырье для производства базальтовых волокон

Базальт – это магматическая (образовавшаяся из глубинного алюмосиликатного расплава) горная порода основного состава, застывшая в верхних слоях земной коры или на поверхности. Содержание базальта в земной коре превышает 30%.

В отличие от сырья для производства стекла базальт – это уже готовое природное сырье для производства волокон. Базальты содержат (по массе): 45-55% SiO₂; 10-20% Al₂O₃ и до 20% FeO+Fe₂O₃ и MgO. Кроме основных оксидов базальты содержат, главным образом, в виде минеральных соединений, практически все элементы таблицы Менделеева. Полностью кристаллические породы подобного состава называются долеритами, разрушенные и измененные вторичными процессами базальты известны как диабазы и базальтовые порфиры. Глубинный аналог базальта носит название габбро.

Важной особенностью производства базальтового волокна по сравнению со стекловолокном является именно сырьевая база – если для производства стекловолокна приготавливается шихта заданного состава из различных компонентов, то для производства базальтового волокна производители вынуждены подбирать горные породы основного состава, наиболее подходящие для технологического процесса производства непрерывной нити. Несмотря на широкое распространение базальтоидов в земной коре далеко не каждое месторождение данных пород пригодно для использования в качестве сырья при изготовлении непрерывного волокна.

Детальные работы по изучению горных пород и определению их пригодности для производства различного вида базальтовых волокон проведены Государственным Предприятием «Научно-технологический центр «Базальтоволокнистые материалы» (НТЦ «Бавома») (Украина, Киев). По результатам исследований более 500 месторождений в различных регионах мира. Центром подготовлены рекомендации по использованию горных пород для производства базальтового волокна применительно к существующим технологиям.

В основу критериев пригодности минералов для получения волокон положены требования по минералогическому и химическому составам горных пород, условиям плавкости и свойствам их расплавов (табл. 1 и 2).

Таблица 1. Химический состав горных пород, пригодных в качестве однокомпонентного сырья для производства различного вида волокон

Наименование компонентов	Массовая доля, %			
	Грубые	Непрерывные (ровинг)	Тонкие штапельные	Супертонкие штапельные
Диоксид кремния (SiO ₂)	48,0-53,0	47,5-55,0	43,0-51,0	46,0-52,0
Диоксид титана (TiO ₂)	0,5-2,0	0,2-2,0	0,2-3,0	0,5-2,5
Оксид алюминия (Al ₂ O ₃)	13,0-18,0	14,0-20,0	10,0-17,0	13,0-18,0
Оксиды железа (FeO+Fe ₂ O ₃)	8,0-15,0	7,0-13,5	10,0-18,0	8,0-15,0
Оксид кальция (CaO)	6,5-11,0	7,0-11,0	8,0-13,0	6,05-11,0
Оксид магния (MgO)	3,0-10,0	3,0-8,5	4,0-15,0	3,5-10,0
Оксид натрия и калия (Na ₂ O+K ₂ O)	2,0-7,5	2,5-7,5	2,0-5,0	2,0-7,5
Оксид марганца (MnO), не более	0,5	0,25	0,4	0,5
Оксид серы (SO ₃), не более	1,0	0,2	1,0	0,5
Потери массы при прокаливании (п.п.п.), не более	5,0	5,0	5,0	5,0
Свободного кварца, не более	3,0	2,0	3,0	3,0
Модуль вязкости Мв	1,9-2,5	2,3-2,7	1,7-2,0	1,8-2,4

Источник: данные НТЦ «Бавома»

Таблица 2. Минералогический состав горных пород, пригодных в качестве однокомпонентного сырья для производства различных видов волокон

Минералы	Граничные содержания минералов, об. %		
	Для тонких штапельных волокон	Для супертонких штапельных волокон	Для непрерывных волокон
Плагиоклаз	20-55	20-55	35-70
Пироксены	0-45	5-40	1-35
Рудные	0-12	0-12	0-12
Оливины	0-15	0-15	0-15
Стекло природное	0-25	2-45	0-50
Кварц	0-2	0-2	0-ед.зн.
Амфиболы	0-30	0-15	0-10
Биотит	0-2	0-3	0-3
Палагонит	0-20	0-20	0-25
Хлорит	0-35	0-35	0-35
Эпидот-цоизит	0-10	0-15	0-5
Карбонат	0-15	0-10	0-8

Источник: данные НТЦ «Бавома»

Физико-химические свойства расплавов горных пород, при условии их достаточной однородности и гомогенности, зависят от концентрации и соотношения главных расплавообразующих оксидов. Наиболее важными физико-химическими показателями расплавов являются вязкость и температура верхнего предела кристаллизации. Вязкость расплавов горных пород зависит от химического состава, служащего исходным базисом для подсчета кислотно-основных показателей, характеризующих структурные особенности системы.

Некоторые свойства расплавов горных пород, пригодных для производства базальтовых волокон, приведены в таблице 3.

Таблица 3. Свойства расплавов базальтовых горных пород

Характеристика	Значения
Температура плавления, °С	1100-1450
Температура верхнего предела кристаллизации, °С	1200-1310
Краевой угол смачивания расплавом платино-родиевого сплава, °С - при 1350 °С - при 1250 °С	5-8 15-30
Плотность расплава, кг/м ³ - при 1450 °С - при 1300 °С	2300-2600 2400-2700
Удельное электрическое сопротивление, Ом•м - при 1450 °С - при 1300 °С	0,4-0,5 0,5-0,65
Модуль упругости, ГПа - при 1300- 1450 °С	16,9-25,4
Поверхностное натяжение, мН•м - при 1450 °С - при 1300 °С	350-410 400-500
Сдвиговая вязкость, дПа•с - при 1450 °С - при 1300 °С	10-150 70-1000
Объемная вязкость, Па•с - при 1300- 1450 °С	30-1500
Адиабатическая сжимаемость, Па•с-1 - при 1450 °С - при 1300 °С	1,5-6,0
Теплоемкость, Дж/кг•К	1300-1400
Термодинамические характеристики	
Энергия активации вязкого течения, не более, кДж/моль	310
Свободная энтальпия активации, кДж/моль	180-220
Энтропия активации, Дж/моль•К	30-40

Источник: данные НТЦ «Бавома»

Российские предприятия традиционно использовали в качестве сырья для производства БНВ породы украинских месторождений, как наиболее пригодные для этих целей. Некоторые производители и в настоящее время продолжают работать на этом сырье. Другие перешли на российское сырье, в частности, используют породы месторождений Урала.

По данным некоторых предприятий, выпускающих БНВ, сырье российских месторождений, как правило, требует более тщательной и трудоемкой подготовки, однако компании идут на это, чтобы исключить риски, связанные с нестабильностью отношений между Россией и Украиной.

Российские производители базальтовых волокон постоянно ведут работы по поиску новых источников сырья, пригодного для переработки.

К примеру, в период с 2012 по 2014 г. в рамках научного проекта международной исследовательской группы «Оценка минерально-сырьевой базы Пермского края для обеспечения производства высокотехнологичного базальтового волокна» проводились аналитические исследования пород габбро-базальтовой группы из массивов магматических пород, расположенных в Горнозаводском районе Пермского края.

Были опробованы магматические тела, принадлежащие к щегровитской свите, сарановскому, журавликскому, кусьинскому, усьвинскому и дворцкому комплексам.

В августе 2014 г. на базе ПАО «Новгородский завод стекловолокна» была выполнена опытная производственная плавка базальтоидов из Пермских месторождений на установке, производящей базальтовое волокно марки БВВ-22.

Полученный в результате плавки материал подтверждает возможность производства непрерывного волокна из пород габбро-базальтовой группы, что зафиксировано в акте испытаний. Было запланировано проведение ряда испытаний пермского сырья на других заводах-производителях базальтового волокна.

Компания «Русский базальт» (Челябинская обл.) в течение нескольких лет изучала породы различных месторождений Урала, в результате один из карьеров стал поставщиком сырья для производства непрерывного базальтового волокна.

1.2. История создания непрерывного базальтового волокна (БНВ)

Базальтовые волокна подразделяются на две группы – непрерывное волокно и дискретные волокна (вата, штапельное волокно), которые в зависимости от толщины волокон могут быть отнесены к базальтовым тонким волокнам (БТВ) и базальтовым супертонким волокнам (БСТВ).

Производство базальтовых волокон основано на получении расплава базальта в плавильных печах и его свободном вытекании через специальные фильерные пластины, изготовленные из платины или жаростойких металлов. Плавильные печи могут быть электрическими, газовыми или оборудоваться мазутными горелками.

Тонкое волокно получают путем раздува сжатым воздухом или паром струек жидкого базальта, вытекающего через отверстия в фильерных пластинах из жаростойкого металла. При этом раздув может быть как вертикальным, так и горизонтальным, а сами раздувочные головки круглой или прямоугольной формы.

Супертонкое базальтовое волокно получают так называемым двухстадийным способом. Расплавленный базальт вытекает через отверстия фильерной пластины, изготовленной из жаростойкого металла, и застывает в виде базальтовых нитей. Нити захватываются вытягивающим устройством и подаются в высокотемпературную скоростную струю, создаваемую газом, сгорающим в потоке сжатого воздуха. Базальтовые нити плавятся с одновременной вытяжкой. После раздува волокна попадают в камеру волоконоосаждения и осаждаются в виде ковра на приемном барабане или конвейере.

Непрерывное волокно получают путем вытягивания базальтовых нитей из фильер специальными наматывающими устройствами, которые наматывают нити на катушки. При этом скорость намотки регулируется в зависимости от толщины слоя намотки, чем создается постоянная скорость вытягивания волокна и его постоянная толщина.

Технология получения дискретных волокон известна уже более 50 лет и хорошо отработана, в то время как технология производства БНВ является достаточно молодой и продолжает развиваться.

Интерес к непрерывным волокнам возник в середине XX века, когда для нужд ракетной, атомной техники, электроники стали необходимы материалы с определенными свойствами, например, с прочностью легированной стали, но значительно более легкие и теплостойкие.

Стекловолокно, промышленное производство которого было уже освоено в 40-х годах прошлого века, по своим характеристикам не удовлетворяло требованиям для специальных применений.

Лучшими по прочности, долговечности, температурному диапазону применения являются углеродные волокна, но они при этом и значительно более дорогие.

Непрерывные волокна из базальта рассматривались как материал, превосходящий по большинству технических характеристик стекловолокно, и при этом сопоставимый с ним по затратам на производство и цене.

Технология получения БНВ разрабатывалась на Украине в течение нескольких десятилетий. По различным оценкам, на эти цели было потрачено около 70-60 млн рублей, что в советские времена было достаточно крупной суммой. По мнению специалистов, успех в получении БНВ был достигнут благодаря тому, что научно-исследовательские работы в течение длительного периода времени финансировались на должном уровне, что дало возможность опытным путем подобрать необходимые параметры технологического процесса.

Первые образцы БНВ были получены в 1961 г. в отраслевом НИИ. Эти образцы были грубыми, мало эластичными, длиной несколько метров.

К 1971 г. был накоплен определенный опыт по исследованию базальтов, их химических составов, характеристик расплавов; исследованию характеристик БНВ по прочности, химической и термической стойкости; по областям их применения. Разработаны некоторые технологии и опытные электрические и газоэлектрические установки для производства БНВ, получены образцы материалов на основе БНВ.

В 1974 г. была организована «Лаборатория базальтовых волокон», которая занималась научными и практическими работами по базальтовым супертонким и тонким волокнам и материалами на их основе. Одним из основных направлений работы была разработка технологий и оборудования для производства БНВ.

Первая промышленная установка для производства БНВ была построена на Украине на Беличском заводе «Теплозвукоизоляция» (Киевская обл.).

Установка представляла собой камнеплавильную печь с двумя фидерами (фидерные установки). В фидерах были установлены платинородиевые струйные фильерные питатели, состоящие из обогреваемой трубки струйного питателя и собственно фильерного питателя.

Фидерные установки обеспечивали производство качественных волокон диаметром от 8 до 13 микрон, пригодных для текстильной переработки. Оборудование имело определенные недостатки – высокое потребление энергоносителей на производство единицы продукции, большую массу фильерных питателей и относительно низкую производительность.

В 1990-1992 гг. фидерная установка была построена на заводе стекловолокна в г. Судогда. На существующих предприятиях, а также в отраслевых НИИ проводились работы по разработке материалов на основе БНВ: тканей различных типов, армирующих сеток, сеток для дорожного строительства, композиционных материалов, профильных пластиков, арматуры, труб, баллонов, емкостей, электроизоляционных материалов. В результате этих работ был накоплен опыт производства и применения материалов БНВ в различных отраслях промышленности, строительстве,

энергетике, для производства композиционных материалов специального назначения.

В конце 80-х – начале 90-х годов украинскими специалистами были построены фидерные установки в Грузии и Казахстане.

В 2003 фидерные установки были сделаны для компании «Каменный век» г. Дубна.

В 1997 г. были начаты работы по созданию нового поколения технологии и оборудования БНВ – модульных установок.

Необходимость создания новых установок была вызвана растущей стоимостью энергоносителей, а также высокой стоимостью изготовления оборудования, большой массой печей, фидеров и самой дорогой части оборудования – фильерных питателей. Общая масса струйного фильерного питателя составляла 3400 грамм, затем была снижена до 3200 грамм.

В ноябре 1999 г. на первой модульной установке НБВ-1 начато производство непрерывного волокна на щелевом фильерном питателе массой 1780 граммов, затем были разработаны и запущены промышленные модульные установки НБВ-2 на два фильерных питателя.

С 2002 г. начаты работы по производству БНВ в Китае, созданы научно-производственные компании Basalt Fiber & Composite Materials Technology Development (BF&CM TD) (Hong Kong) и «Базальтовые волокна и Композиционные материалы» (Украина, Киев), которые занимаются разработкой и внедрением новых технологий, изготовлением технологического оборудования и организацией промышленного производства.

Специалистами во главе с С.П.Осносом была выполнена разработка модульной установки VCF-1 с меньшим потреблением энергоносителей, так как стоимость энергоносителей в Китае выше, чем в странах Европы.

В 2004 г. установка VCF-1 была успешно запущена на заводе в Chengdu. На базе этих установок работает предприятие Chengdu Aerospace Tuoxim Science & Technology Co., LTD по выпуску БНВ и тканей.

Работы по БНВ были продолжены в Шанхае по программе Министерства науки и технологии КНР «Базальтовое непрерывное волокно и композиционные материалы». В декабре 2005 г. была запущена модульная установка серии VCF-1 (на сжиженном нефтяном газе) для компания Hengdian Group Shanghai Russia Gold Basalt Fiber, которая производит около 2 тыс. т БНВ в год. В настоящее время китайские предприятия активно развиваются и наращивают объемы производства БНВ, появляются новые игроки на этом рынке.

На основе модульных установок серий VCF-IGM и VCF-2GM разработаны технологические линии ТЕ VCF 1000, ТЕ VCF 1500 и ТЕ VCF 2000 производительностью 1 тыс. т, 1,5 тыс. т, 2 тыс. т БНВ в год.

Технологическая линия ТЕ VCF 2000 мощностью 2 тыс. т в год была поставлена в 2008 г. НПО «Вулкан» в г.Пермь, в настоящее время это компания ООО «Пермский завод композитных изделий».

1.3. Технология производства непрерывного базальтового волокна

В настоящее время существуют несколько технологий производства непрерывного базальтового волокна, отличающихся конструкцией печей и питателей, оборудованием охлаждения, намотки и т.д. Но принципиально технологический процесс у всех производителей включает следующие основные операции:

- подготовка сырья;
- плавление горных пород и получение расплава;
- гомогенизация расплава и подготовка его к выработке;
- выработка расплава через фильерный питатель;
- вытяжка первичных волокон, нанесение замасливателя и намотка на бобины

Базальтовое сырье для производства БНВ подготавливают специальным образом – дробят до фракции 5-12 мм, отделяют магнитные включения методом магнитной сепарации, просеивают и промывают от мелких включений (пыли и т.п.), после чего просушивают либо при естественной циркуляции воздуха, либо в специальном сушильном аппарате. Подготовленное сырье периодически загружается в бункер загрузчика, установленного над плавильной печью.

Плавильная печь представляет собой рекуперативную ванную печь непрерывного действия с прямым газовым нагреванием плавильной зоны.

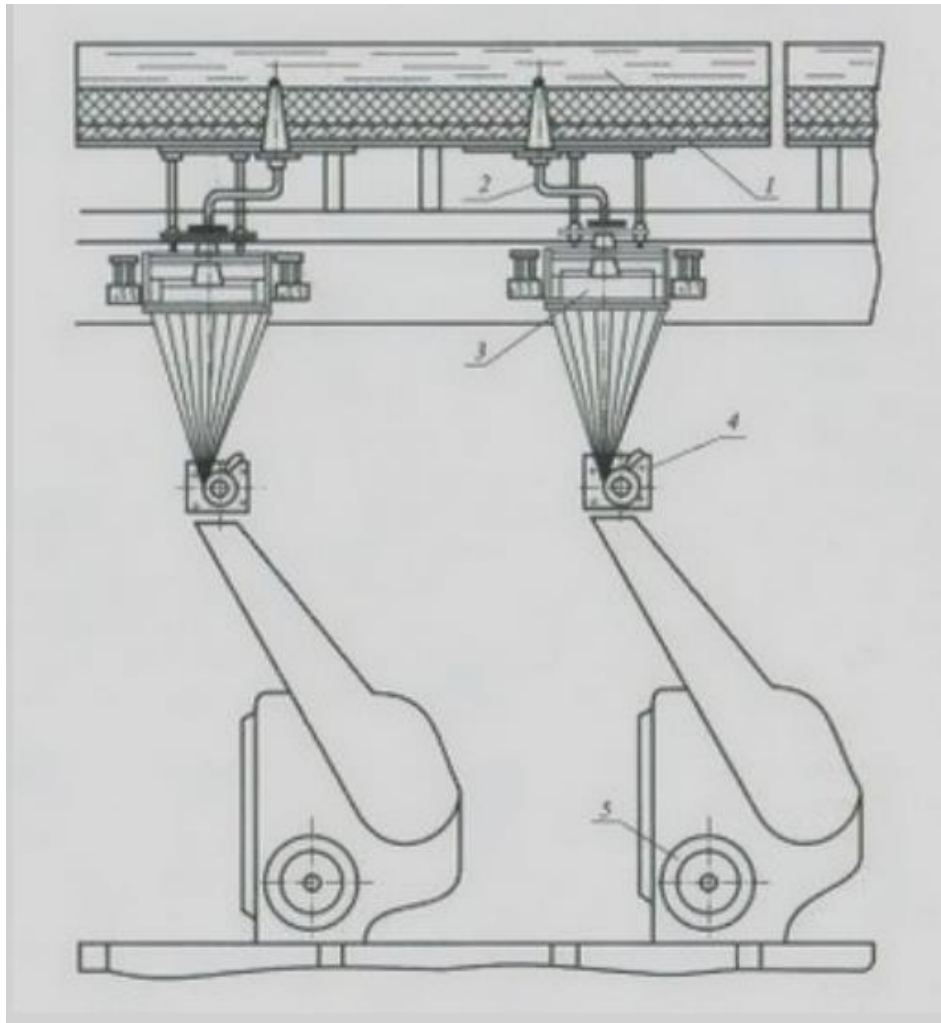
Плавление базальтового сырья происходит при температуре $1500 \pm 50^\circ\text{C}$ в результате сжигания газовой смеси (природный газ+воздух). После гомогенизации расплав самотеком поступает в фидер, в донной части которого расположены платиновые сливные устройства (струйные питатели) с электрообогревом. Через струйный питатель расплав подается на платинородиевый фильерный питатель с электрообогревом, в котором из фильер формируется пряжа элементарных непрерывных нитей – комплексная нить (рис. 3).

Во время вытяжки непрерывных волокон на их поверхность наносится замасливатель – специальное покрытие, которое способствует объединению волокон в комплексную нить (слипание) и снижает трение между волокнами, препятствуя образованию поверхностных микротрещин, которые снижают прочность волокон.

Также замасливатель способствует повышению адгезионных качеств волокон.

Комплексная нить, проходя нитераскладывающий аппарат, наматывается на его съемную бобину. По мере намотки бобина с нитью снимается с бобинодержателя наматывающего аппарата и заменяется новой бобиной.

Рисунок 3. Установка для производства непрерывных базальтовых волокон



1 – ванная печь; 2 – струйный питатель; 3 – фильерный питатель;
4 – нитесборник; 5 – наматывающее устройство

Источник: обзор специальной литературы

Сложность производства БНВ по сравнению со стекловолокном состоит в том, что:

- базальты, как природное сырье, различны по химическому составу и характеристикам:

- плавление и выработка базальтов происходит при более высоких температурах,

- характеристики расплавов базальтов при выработке через фильерный питатель существенно отличаются от выработки расплавов стекол.

Для получения качественного непрерывного волокна необходимо правильно подобрать исходное сырье, а также определить оптимальный технологический процесс варки и вытяжки.

Одним из важнейших параметров непрерывного волокна является диаметр монофиламента, уменьшение которого повышает эластичность, а,

следовательно, позволяет осуществлять его текстильную переработку. В свою очередь, диаметр монофиламента зависит от рабочей температуры в питателе и скорости вытягивания волокна.

Так, например, с повышением температуры расплава в фильерном питателе от 1350 до 1400 °С диаметр волокон может измениться от 13,5 до 10,5 мкм. При изменении скорости вытягивания от 1580 до 2570 м/мин диаметр волокна может измениться от 17 до 10 мкм.

Для производства непрерывного волокна необходимо использовать сырье с малой скоростью кристаллизации, базальтовое стекло должно иметь достаточно широкий интервал выработки, то есть температурный интервал, в котором технологические свойства стекла, главным образом вязкость, имеют необходимые значения и не подвержены резким изменениям.

Стекломасса при высокой вязкости обладает повышенной сопротивляемостью при растяжении, что приводит к необходимости увеличения вытягивающего усилия и может привести к обрыву волокна.

По мере увеличения температуры расплава его вязкость понижается и может достигнуть столь малых значений, при которых силы поверхностного натяжения способствуют формированию стекла в виде капель вместо вытягивания его в непрерывное волокно.

В интервале между этими крайними состояниями стекломассы имеется область рабочей вязкости, в пределах которой осуществляется процесс волокнообразования. Для разных пород базальтового сырья область рабочей вязкости разная.

Важнейшей задачей производителей непрерывного волокна является увеличение количества фильер на питателях, т.к. от этой величины зависит количество комплексных нитей для изготовления трощеного ровинга или крученой нити определенного текста. Чем выше количество комплексных нитей в трощеном ровинге, тем ниже будут его механические характеристики.

Имея в виду проблемы обрывности при производстве непрерывного волокна, увеличение количества фильер на питателях является крайне сложной задачей.

Резервы технологии производства БНВ заключаются именно в повышении производительности оборудования и, прежде всего, фильерных питателей.

Производство стекловолокна в процессе развития прошло также стадии применения фильерных питателей на 200, 400, 800, 1200, 2000, 4000 и более фильер. Работы по совершенствованию оборудования активно ведутся большинством производителей БНВ и, по оценке специалистов, развитие технологии производства БНВ происходит более быстрыми темпами, чем происходило в свое время развитие технологии производства стекловолокна.

В настоящее время существуют два принципиальных подхода к производству БНВ.