



ИнфоМайн 

исследовательская группа

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

*Издание 3-е,
дополненное и переработанное*

Демонстрационная версия

**Москва
декабрь 2012**

Содержание

Аннотация.....	10
Введение	11
1. Характеристика базальтового волокна.....	15
1.1. Сырьё для производства базальтовых волокон	15
1.2. История создания непрерывного базальтового волокна.....	18
1.3. Технология производства непрерывного базальтового волокна	21
1.4. Основные физико-химические характеристики базальтового волокна	25
1.5. Сравнительные характеристики БНВ и стекловолокна	27
1.6. Виды продукции на основе БНВ и области ее применения	30
1.6.1. <i>Области применения армирующих свойств</i>	<i>33</i>
1.6.2. <i>Области использования других свойств.....</i>	<i>34</i>
2. Структура рынка непрерывного базальтового волокна и армирующих изделий из него.....	36
3. Производство непрерывного базальтового волокна в России и на Украине	40
3.1. ООО «Каменный Век» (Московская обл.).....	41
3.2. ООО «НПО «Вулкан» (Пермский край)	46
3.3. ОАО «Ивотстекло» (Брянская обл.).....	48
3.4. ОАО «Новгородский завод стекловолокна» (Новгородская обл.).....	51
3.5. ООО «НБТ Дагестан» (Республика Дагестан)	54
3.6. ООО НПО «Базальтовые технологии» и ЗАО «Базальтовое волокно» (Удмуртская Республика).....	56
3.7. Прочие предприятия и проекты по организации производства БНВ в России	57
«Покровский завод базальтовых материалов» (Республика Саха Якутия).....	57
ОАО «Южно-Уральский базальтовый завод» (Челябинская обл.)	58
ООО «Альтернативные Материалы и Технологии» (Хабаровский край)	59
ООО «Волна» (Красноярский край)	59
3.8. Производство БНВ на Украине	60
ЗАО «НТБ» (Киевская обл.).....	60
ООО «Технобазальт Инвест» (Киев)	61
ЗАО «Минерал 7» (Львовская обл.)	62
ЗАО «Беличский завод теплозвукоизоляции» (Киевская обл.).....	62

4. Производство армирующих изделий из непрерывного базальтового волокна	63
4.1. Композитная арматура.....	64
4.1.1. Основные свойства и области применения композитной арматуры	64
4.1.2. Производство композитной арматуры	73
ООО «КНПО «Уральская Армирующая Компания» (Пермский край)..	74
ООО НПФ «УралСпецАрматура» (Пермский край).....	78
ООО НПК «Армастек» (Пермский край, Липецкая обл.).....	80
Технологическая группа «Экипаж» (Украина)	82
4.2. Композитные гибкие связи и крепеж.....	84
4.2.1. Понятие о гибких связях и их характеристика.....	84
4.2.2. Производство композитных гибких связей.....	88
ООО «Гален» (Чувашская Республика)	89
ООО «Бийский завод стеклопластиков» (Республика Алтай).....	93
ЗАО «Матек» (Московская обл.).....	98
4.3. Базальтовые армирующие сетки.....	101
4.3.1. Свойства и применение базальтовых сеток	101
4.3.2. Отличительные особенности базальтовых сеток	104
4.3.3. Производство базальтовых сеток ООО «Судогодские стеклопластики» (Владимирская обл.).....	105
5. Дисперсное армирование базальтовой фиброй.....	110
5.1. Особенности дисперсного армирования.....	110
5.2. Применение базальтовой фибры	112
6. Внешнеторговые операции с материалами и изделиями на основе БНВ в России и на Украине в 2007-2012 гг.	117
6.1. Внешнеторговые операции России	117
6.2. Внешнеторговые операции Украины.....	123
7. Обзор экспортно-импортных и внутренних цен на материалы и изделия на основе БНВ.....	127
7.1. Обзор экспортно-импортных цен в России и на Украине в 2007-2012 гг.....	127
7.2. Обзор цен на базальтопластиковую и стеклопластиковую арматуру на внутреннем рынке России	131
8. Прогноз развития рынка непрерывного базальтового волокна и армирующих изделий из него до 2015	137
Приложение. Контактная информация.....	147

Список таблиц

- Таблица 1. Специалисты, оказавшие помощь при проведении исследования
- Таблица 2. Химический состав горных пород, пригодных в качестве однокомпонентного сырья для производства различного вида волокон
- Таблица 3. Минералогический состав горных пород, пригодных в качестве однокомпонентного сырья для производства различных видов волокон
- Таблица 4. Свойства расплавов базальтовых горных пород
- Таблица 5. Основные характеристики установок по производству непрерывных базальтовых волокон ГП НТЦ «Бавома»
- Таблица 6. Прочностные характеристики базальтового волокна
- Таблица 7. Химическая стойкость базальтовых волокон, %
- Таблица 8. Сравнительные характеристики волокон
- Таблица 9. Сравнительные характеристики нитей из стеклянных и базальтовых волокон
- Таблица 10. Зависимость текса директ-ровинга от диаметра элементарной нити и количества фильер питателя
- Таблица 11. Зависимость количества комплексных нитей в ровинге от количества фильер питателя
- Таблица 12. Основные виды продукции на основе БНВ и области их применения
- Таблица 13. Производители БНВ и армирующих композитных изделий в России и на Украине
- Таблица 14. Технические характеристики директ-ровинга производства ООО «Каменный век»
- Таблица 15. Технические характеристики трощеного ровинга производства ООО «Каменный век»
- Таблица 16. Технические характеристики крученной нити производства ООО «Каменный век»
- Таблица 17. Технические характеристики иглопробивных матов производства ООО «Каменный век»
- Таблица 18. Технические характеристики биаксиальных тканей производства ООО «Каменный век»
- Таблица 19. Зарубежные дистрибьюторы ООО «Каменный Век»
- Таблица 20. Номенклатура и технические характеристики базальтового ровинга производства ОАО «Ивотстекло»
- Таблица 21. Технические характеристики базальтовой рубленой нити производства ОАО «Ивотстекло»
- Таблица 22. Технические характеристики базальтовых комплексных нитей производства ОАО «НЗСВ»
- Таблица 23. Технические характеристики базальтового ровинга производства ОАО «НЗСВ»
- Таблица 24. Характеристики базальтового ровинга производства ЗАО «НТБ»
- Таблица 25. Технические характеристики базальтопластиковой арматуры

производства ООО «Технобазальт Инвест»

Таблица 26. Сравнительная характеристика различных типов арматуры

Таблица 27. Сравнительная характеристика базальтопластиковой и стеклопластиковой арматуры

Таблица 28. Сравнительная характеристика стальной и базальтовой арматуры

Таблица 29. Сравнение свойств арматуры «Лиана» и стальной арматуры

Таблица 30. Технические характеристики композитной арматуры производства ООО «УралСпецАрматура»

Таблица 31. Сравнительная характеристика стеклопластиковой арматуры «Армастек» и металлической арматуры

Таблица 32. Технические характеристики гибких базальтопластиковых связей производства ТГ «Экипаж»

Таблица 33. Сравнение эффективности металлических и базальтопластиковых связей

Таблица 34. Технические характеристики гибких связей из базальтопластика ООО «Гален»

Таблица 35. Технические характеристики строительных дюбелей ООО «Гален»

Таблица 36. Технические характеристики базальтопластиковой и стеклопластиковой арматуры ROCKBAR производства ООО «Гален»

Таблица 37. Технические характеристики композитной сетки ROCKMESH производства ООО «Гален»

Таблица 38. Технические характеристики гибких связей (ГС) и комбинированных связей ООО «БЗС»

Таблица 39. Технические характеристики стеклопластиковой арматуры производства ООО «Бийский завод стеклопластиков»

Таблица 40. Расход дюбелей для крепления 1 м² теплоизоляции к стене со штукатурным слоем 8 мм

Таблица 41. Сравнительная характеристика уровня сохранения прочности связей, изготовленных из стекловолокна и базальтоволокна

Таблица 42. Качественные характеристики базальтопластиковых связей ЗАО «Матек»

Таблица 43. Результаты испытаний различных гибких связей при выдержке в 1,0 N растворе NaOH при температуре 80°C

Таблица 44. Физико-механические характеристики базальтовых сеток

Таблица 45. Физико-механические характеристики базальтовых тканей

Таблица 46. Сравнительная характеристика сеток из стеклянного и базальтового волокна

Таблица 47. Технические характеристики базальтовых тканей производства ООО «Судогодские стеклопластики»

Таблица 48. Технические характеристики дорожных сеток ООО «Судогодские стеклопластики»

Таблица 49. Технические характеристики сеток строительных для кладочных и связевых работ ООО «Судогодские стеклопластики»

Таблица 50. Характеристика базальтовой фибры

Таблица 51. Рекомендации к применению базальтовой фибры в бетонах

Таблица 52. Объемы экспорта продукции на основе БНВ российскими производителями в 2007-2012 гг., т

Таблица 53. Объемы экспортных поставок продукции на основе БНВ производства ООО «Каменный век» по направлениям в 2007-2012 гг., т

Таблица 54. Объемы экспорта материалов и изделий на основе БНВ украинскими производителями в 2007-2012 гг., т

Таблица 55. Среднегодовые экспортные цены российских производителей на продукцию на основе БНВ в 2007-2012 гг., \$/т

Таблица 56. Цены на композитную арматуру производства ООО «НПФ «УралСпецАрматура», руб/пог. м, с НДС

Таблица 57. Цены на композитную арматуру ROCKBAR производства ООО «Гален», руб/пог. м, с НДС

Таблица 58. Прайс-лист на стеклопластиковую арматуру производства ООО «НПК «Арматек Липецк», руб/пог. м, с НДС

Таблица 59. Сравнительная характеристика металлической и композитной арматуры при равнопрочной замене

Таблица 60. Сравнительные цены композитной и металлической арматуры, руб/пог. м, с НДС

Таблица 61. Сравнительные цены на фибру из различных материалов, руб/кг, с НДС

Таблица 62. Прайс-лист на продукцию ООО «Судогодские стеклопластики», руб, с учетом НДС

Таблица 63. Объемы и структура ввода жилья по федеральным округам в России в 2007-2011 гг., млн м², %

Таблица 64. Объемы ввода в действие жилых домов, построенных индивидуальными застройщиками, в 2002-2011 гг., тыс., 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. Блок-схема рынка непрерывного базальтового волокна и армирующих изделий из него (производство) в России
- Рисунок 7. Структура производства непрерывного базальтового волокна в России
- Рисунок 8. Соотношение материалов для производства композитной арматуры ООО «КНПО «УАК»
- Рисунок 9. Многослойная ограждающая конструкция: а) без учета гибких связей; б) с гибкими связями из металла; в) с гибкими связями из композиционных материалов
- Рисунок 10. Структура производства композитных гибких связей
- Рисунок 11. Технические характеристики базальтопластиковых связей ЗАО «Матек»
- Рисунок 12. Динамика экспорта материалов и изделий на основе БНВ России в 2007-2012 гг. (т, тыс. \$)
- Рисунок 13. Региональная структура экспорта продукции ООО «Каменный век» в 2007-2012 гг., %
- Рисунок 14. Динамика и структура российского экспорта продукции на основе БНВ в 2007-2010 гг., т
- Рисунок 15. Динамика экспорта продукции на основе БНВ Украины в 2007-2012 гг. (т, тыс. \$)
- Рисунок 16. Структура экспорта продукции на основе БНВ украинскими предприятиями в 2007-2012 гг., т
- Рисунок 17. Динамика среднегодовых экспортных цен на основные виды продукции на основе БНВ в России в 2007-2010 гг., \$/т
- Рисунок 18. Динамика среднегодовых экспортных цен ООО «Технобазальт Инвест» и ЗАО «НТБ» в 2007-2012 гг., \$/т
- Рисунок 19. Сравнительная характеристика цен базальтопластиковых армирующих изделий с аналогами из других материалов
- Рисунок 20. Динамика ввода жилья в России в 2008-2011 гг. и прогноз на 2012-2015 гг. согласно ФЦП «Жилище», м²
- Рисунок 21. Региональная структура ввода жилья в России в 2011 г., %
- Рисунок 22. Региональная структура потребления металлической арматуры в России по федеральным округам в 2011 г., %

Рисунок 23. Прогноз производства непрерывного базальтового волокна в России до 2015 гг., т

Рисунок 24. Прогноз производства базальтопластиковой арматуры и гибких связей в России до 2015 гг., т

Аннотация

Настоящий отчет посвящен исследованию рынка непрерывного базальтового волокна и армирующих материалов и изделий из него в СНГ, выявлению основных его участников, определению перспектив спроса на данную продукцию.

Отчет состоит из 8 частей, содержит 148 страниц, 64 таблицы и 24 рисунка.

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 композиционным материалом – стекловолокном.

Вторая глава знакомит со структурой рынка БНВ в России.

Третья глава посвящена анализу производства БНВ, в ней приведены данные о производителях непрерывного волокна в России и на Украине с указанием 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 был 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 2007-2012 гг.

В **седьмой** главе приведены сведения о динамике экспортных цен на продукцию на основе БНВ, а также приводится анализ цен на внутреннем рынке России на базальтопластиковую арматуру и аналогичную продукцию из стекловолокна.

В заключительной, **восьмой** главе, дан прогноз развития рынка БНВ и базальтопластиковой арматуры до 2015 г.

Введение

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

В настоящее время всего несколько стран в мире, в том числе Россия и Украина, владеют технологией производства непрерывного волокна из базальта.

Между тем, доступность сырья для производства БНВ, расширяющийся спектр применения этого материала вызывают все больший интерес к продукции на основе БНВ. 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 около XX млн т/г.

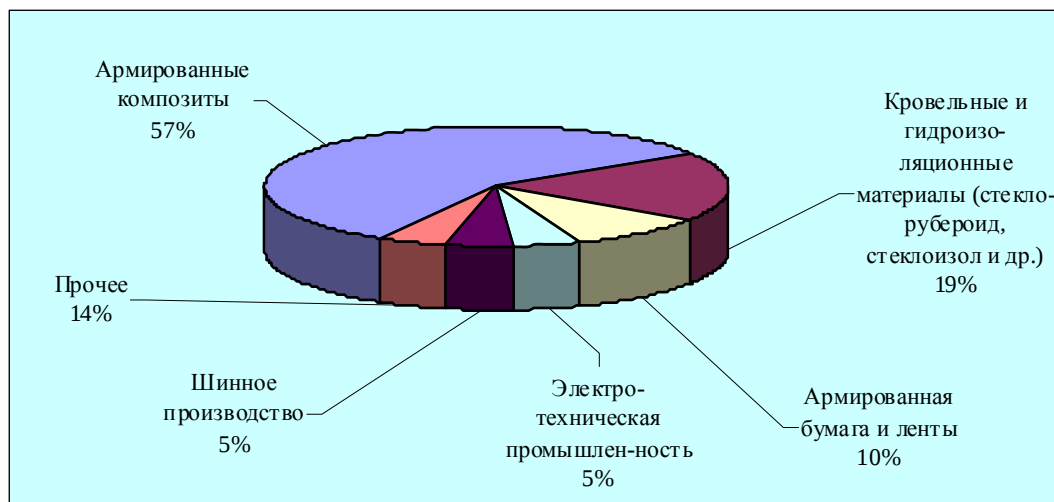
В то же время на начало 2007 г. мировое производство непрерывного базальтового волокна оценивалось в XX тыс. т/г, в настоящее время оно составляет около XX тыс. т/г.

Наиболее крупным мировым потребителем композитных пластиков являются США – 44%, далее следуют Европа – 26%, Азия – 24%, прочие страны Американского континента – 3,4%, Россия – 1,4%, прочие страны СНГ – 1,2%. В Европе основными потребителями являются Германия с Австрией – более 30%, Италия – более 20%, Франция – около 18%.

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

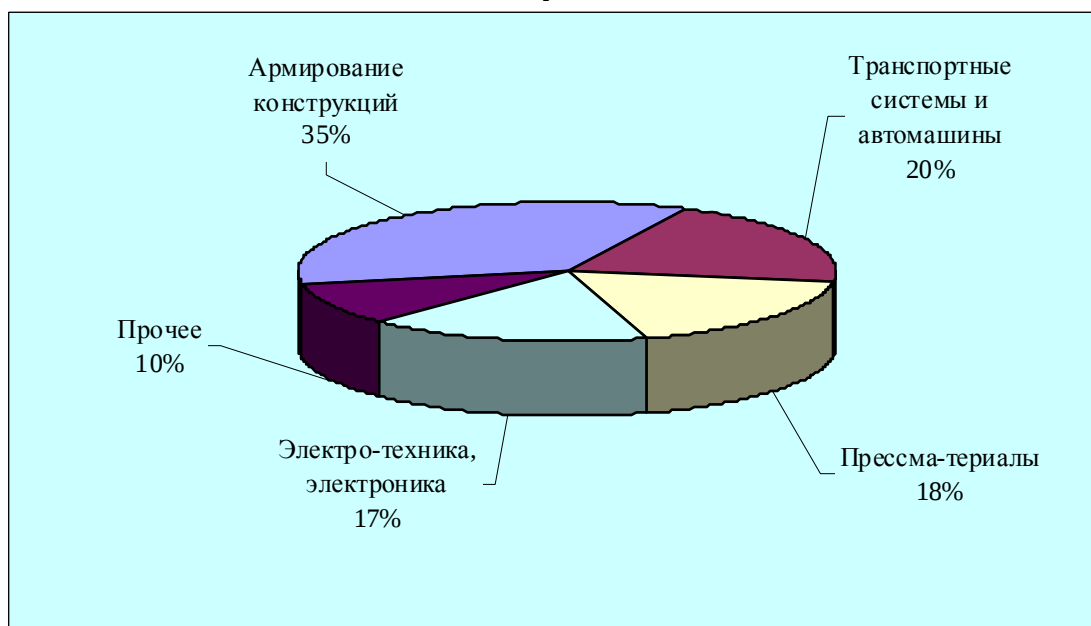
Наибольшие успехи в использовании полимерных композитов при изготовлении бетонных армированных конструкций достигнуты в Японии, Германии, США и Нидерландах.

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

Число предприятий, производящих БНВ в России, и объемы производства постепенно увеличиваются. При этом 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.

В работе использованы материалы Федеральной службы государственной статистики России (ФСГС РФ), Федеральной таможенной службы РФ, официальной статистики железнодорожных перевозок РФ, отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, а также интернет-сайтов предприятий-производителей БНВ.

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 очных и телефонных интервью (табл. 1).

Таблица 1. Специалисты, оказавшие помощь при проведении исследования

Предприятие	Интервьюеры	Контакт
ЗАО «Матек» (Московская обл.)		
ОАО «Ивотстекло» (Брянская обл.)		
ОАО «Новгородский завод стекловолокна»		
ООО «Арматек»»		
ООО «БАУ-Текс» (Владимирская обл.)		
ООО «Бийский завод стеклопластиков»		
ООО «Гален» (Чебоксары)		
ООО «Каменный Век» (Московская обл., Дубна)		
ООО «КНПО «Уральская армирующая компания» (Пермь)		
ООО «НПО «Базальтовые технологии» (Удмуртия)		
ООО «НПО «Вулкан» (Пермь)		
ООО «НПФ «УралСпецАрматура» (Пермь)		
ООО «Производственное предприятие «Маркет» (Удмуртия)		
ЗАО «Минерал 7» (Украина, Львовская обл.)		
ООО «Судогодские стеклопластики» (Владимирская обл.)		
ООО «Альтернативные материалы и технологии» (Хабаровский край, Амурск)		

Источник: данные «Инфолайн»

1. Характеристика базальтового волокна

1.1. Сырьё 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 сырьё для производства волокон. Базальты содержат (по массе): 45-55% SiO_2 ; 10-20% Al_2O_3 и до 20% $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ 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 порфиристы. Глубинный аналог базальта носит название габбро.

Таблица 2. 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_2O_3)	13,0-18,0	14,0-20,0	10,0-17,0	13,0-18,0
Оксиды железа ($\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$)	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 ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)	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 3. 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»

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. 2 и 3).

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 4.

Таблица 4. 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»

1.2. История создания непрерывного базальтового волокна

Базальтовые волокна подразделяются на две большие группы: непрерывное волокно и дискретные волокна (вата, штапельное волокно), называемые еще базальтовыми тонкими волокнами (БТВ).

Технология получения дискретных волокон известна уже более 5 десятилетий 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 одновременно и самые 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. было 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 диаметрами 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 года 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 BCF-1 с меньшим потреблением энергоносителей, так как стоимость энергоносителей в Китае выше, чем в странах Европы.

В 2004 г. установка BCF-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 BCF-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.

На основе модульных установок серий BCF-IGM и BCF-2GM разработаны технологические линии ТЕ BCF 1000, ТЕ BCF 1500 и ТЕ BCF 2000 производительностью 1 тыс. т, 1,5 тыс. т, 2 тыс. т БНВ в год. Технологическая линия ТЕ BCF 2000 мощностью 2 тыс. т в год была поставлена в 2008 г. НПО «Вулкан» (Пермь).

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.

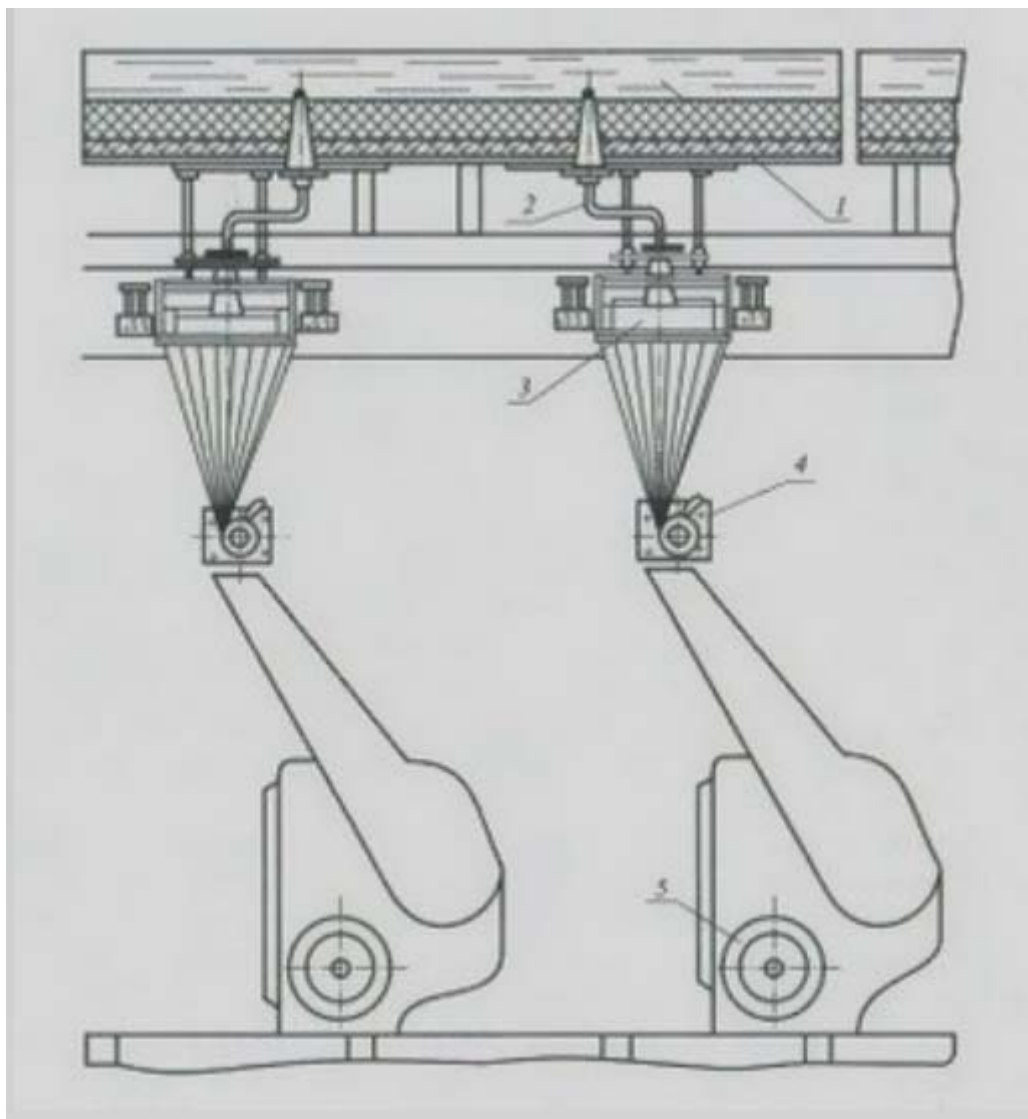
Плавление базальтового сырья происходит при температуре $1500 \pm 50^\circ\text{C}$ в результате сжигания газозвушной смеси (природный газ+воздух). После гомогенизации расплав самотеком поступает в фидер, в донной части которого расположены платиновые сливные устройства (струйные питатели) с электрообогревом. Через струйный питатель расплав подается на платинородиевый фильерный питатель с электрообогревом, в котором из фильер формируется прядь 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 текса. Чем выше количество комплексных нитей в трощеном ровинге, тем ниже будут его механические характеристики.

Имея ввиду 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.

1. Производство волокна на модульных печах небольшого размера на 1-2 питателя с количеством фильер до 200. Эта технология была разработана на Украине, сегодня предлагается рядом компаний для продажи на рынке.

В частности, модульное оборудование для производства БНВ предлагают Государственное Предприятие Научно-технологический центр «Базальтоволоконные материалы» («Бавома») ИПМ НАН Украины (табл. 5), а также Basalt Fiber & Composite Materials Technology Development (BF&CM TD) (Hong Kong) и «Базальтовые волокна и Композиционные материалы» (Украина, Киев)

Преимуществом этой технологии является возможность подстраивать объем производства продукции под существующий спрос.

На сегодняшний день по технологии модульных печей (со своими особенностями в каждом конкретном случае) работают практически все украинские, российские (за исключением ООО «Каменный век») и китайские компании.

Таблица 5. Основные характеристики установок по производству непрерывных базальтовых волокон ГП НТЦ «Бавома»

Наименование показателей	Марка установки			
	БНВ-60	БНВ-120	БНВ-240	БНВ-360
Диаметр волокна, мкм	12-25	9-12	9-12	9-12
Производительность, т/г	60	120	240	360
Энергозатраты:				
- природный газ, м ³ /час	7	20	35	50
- электроэнергия, кВт/час	20	40	80	120
Удельный расход замасливателя, л/кг	0,6	0,6	0,6	0,6
Количество комплектов питателей массой 3300 г	1	2	3	6
Габаритные размеры, м	6х6х6	8х8х8	10х9х8	12х10х8

Источник: данные предприятия

2. Производство волокна на больших печах на 8-10 питателей с приоритетом питателей большого размера (до 800 фильер). Данная технология во многом схожа с технологией производства стекловолокна и старается использовать все ее преимущества.

По этой технологии работают компания «Каменный Век» (Россия) и компания «Азамер» (Австрия). Маркетинговая стратегия данных компаний не предусматривает продажу своих технологий и ноу-хау, и купить у них технологию, оборудование или лицензию на производство продукции на данный момент невозможно.