

**Research Group**



***Info Mine*** 

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

---

**Обзор рынка  
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ  
материалов на основе  
базальтового волокна в  
России**

*Демонстрационная версия*

*Москва  
Апрель, 2007*

## Содержание

Введение.....	9
1. Технология производства и характеристика базальтового волокна и изделий из него.....	11
1.1. Технология производства и виды продукции из базальтового волокна .....	11
Непрерывные волокна .....	13
Базальтовое дискретное волокно (БСТВ) .....	15
1.2. Сравнительные характеристики стеклянных, минеральных и базальтовых волокон и материалов на их основе.....	17
2. Производство теплоизоляционных материалов и изделий на основе базальтового волокна в России в 2000-2006 гг. ....	21
2.1. Производство теплоизоляционных материалов и изделий на основе базальтового волокна в России в 2000-2006 гг. ....	21
2.2. Основные производители теплоизоляционных материалов на основе базальтового волокна .....	27
Заводы Группы Rockwool.....	27
ОАО «ТехноНиколь» .....	33
ЗАО "Изорок" .....	45
ОАО "Ивотстекло" .....	45
ООО «Назаровский завод теплоизоляционных изделий и конструкций» ..	49
ОАО "Термостепс" .....	52
ОАО «Термостепс-МТЛ» .....	54
ООО "ИЗОМИН" .....	57
ОАО «Тизол» .....	60
ЗАО «Завод Минплита».....	65
ООО "Машиностроительный завод "Баск" .....	70
ООО «ФиброБаск» .....	73
ОАО "Новгородский завод стекловолокна" .....	75
ЗАО «Базальтовое волокно» .....	79
ООО «Научно — производственная фирма «Изомат».....	79
Группа компаний «Уральский Базальт» .....	80
ЗАО "Дмитровская теплоизоляция" .....	82
ООО «Базальт-Мост».....	83
ООО "НПТО "Корда".....	86
ОАО Хабаровский завод «Базалит ДВ».....	90
Малые предприятия по производству изделий на основе базальтового волокна.....	93
3. Внешнеторговые операции России с теплоизоляционными материалами и изделиями на основе базальтового волокна в 2000-2006 гг. ....	96
3.1. Экспорт теплоизоляционных материалов .....	96
3.2. Импорт теплоизоляционных материалов .....	100

Rockwool .....	103
Paroc Group.....	103
Izomat.....	104
Isoroc.....	105
Распределение импорта .....	106
4. Обзор цен на теплоизоляционные материалы и изделия на основе базальтового волокна.....	111
5. Потребление теплоизоляционных материалов и изделий на основе базальтового волокна в России.....	115
6. Прогноз развития российского рынка теплоизоляционных материалов и изделий на основе базальтового волокна в 2007-2010 гг.....	121
6.1. Прогноз производства и потребления теплоизоляционных материалов Росстроя .....	121
6.2. Прогноз производства теплоизоляционных материалов на основе базальтового волокна экспертами ООО «Инфолайн».....	125
Приложение № 1. Прейскурант цен на изоляционные изделия на основе базальтового волокна.....	127
ОАО «АКСИ» (по состоянию на 12 декабря 2006 г.).....	128
ОАО «Ивотстекло» (по состоянию на 01.01.07 г.) .....	130
ООО «Назаровский завод теплоизоляционных изделий и конструкций» (по состоянию на 12.02.2007 г.) .....	133
ОАО "Термостепс" (по состоянию на 17.01.07 г.).....	134
ООО «Изомин» .....	135
ОАО «Тизол» .....	136
ЗАО «Завод Минплита» (по состоянию 01.04.07 г.).....	137
ООО «Машиностроительный завод «БАСК» (по состоянию на февраль 2007 г.).....	138
ООО «ФиброБаск» (по состоянию на февраль 2007 г.) .....	139
ООО «НПФ «Изомат» (по состоянию на 01.02.07 г.).....	140
ООО «Базальт-Мост» (г. Климовск Московской обл.) .....	141
ООО "НПТО"Корда» (по состоянию на 29.01.07 г.) .....	141
ОАО Хабаровский завод «Базалит ДВ».....	143
Приложение № 2. Контактная информация предприятий.....	145

## Список таблиц

Таблица 1. Сравнительные характеристики волокон.....	18
Таблица 2. Сводная таблица производителей изделий на основе базальтового волокна с экспертной оценкой мощности производств .....	23
Таблица 3. Ассортимент и технические характеристики продукции, выпускаемой под торговой маркой Rockwool.....	30
Таблица 4. Технические характеристики продукции ЗАО «АКСИ».....	34
Таблица 5. Технические характеристики продукции ЗАО «АКСИ» (продолжение).....	36
Таблица 6. Продукция и область применения теплоизоляционных изделий Isoroc .....	38
Таблица 7. Технические характеристики на продукции., выпускаемую ЗАО «Изорок».....	42
Таблица 8. Продолжение таблицы .....	43
Таблица 9. Ассортимент базальтового волокна, производимого в ОАО «Ивотстекло» .....	45
Таблица 10. Ассортимент и технические характеристики продукции, выпускаемой ОАО «Ивотстекло».....	46
Таблица 11. Акустические параметры изделий ИЗИС-Б.....	48
Таблица 12. Технические характеристики базальтового волокна, вырабатываемого на оборудовании Юнгер Веркштадс АВ.....	49
Таблица 13. Технические характеристики продукции, выпускаемой в ООО «Назаровский завод теплоизоляционных изделий и конструкций» .....	49
Таблица 14. Номенклатура изделий на основе базальтового волокна, выпускаемых ОАО «Термостепс», и область их применения.....	53
Таблица 15. Технические характеристики продукции, выпускаемой ОАО «Термостепс» .....	56
Таблица 16. Технические характеристики продукции, выпускаемой в ООО «Изомин» .....	59
Таблица 17. Продукция, выпускаемая ОАО «Тизол» .....	61
Таблица 18. Ассортимент и технические характеристики продукции, выпускаемой ЗАО «Завод Минплита» .....	66
Таблица 19. Акустические характеристики продукции, выпускаемой ЗАО «Завод Минплита».....	69
Таблица 20. Технические характеристики продукции, выпускаемой ООО «Машиностроительный завод «Баск» .....	72
Таблица 21. Характеристика базальтового волокна и продукция на его основе, выпускаемая ООО «ФиброБаск» .....	73
Таблица 22. Номенклатура изделий из базальтового волокна, выпускаемых Группой компаний «Уральский Базальт» .....	80

Таблица 23. Основные технические характеристики продукции ЗАО "Дмитровская теплоизоляция" .....	82
Таблица 24. Характеристика базальтового волокна, производимого ООО «Базальт-Мост» .....	83
Таблица 25. Характеристика технологической линии по производству базальтового холста .....	84
Таблица 26. Характеристика базальтового холста .....	85
Таблица 27. Характеристика технологической линии по производству плитного утеплителя.....	85
Таблица 28. Характеристика плитного утеплителя.....	86
Таблица 29. Ассортимент и технические характеристики продукции, выпускаемой ООО «НПТО «Корда».....	87
Таблица 30. Продукция, выпускаемая ОАО Хабаровский завод «Базалит ДВ» .....	91
Таблица 31. Динамика экспорта изделий на основе базальтового волокна в 2000-2006 гг. из России в зарубежные страны, т, % .....	98
Таблица 32. Основные экспортирующие организации России, т, %.....	99
Таблица 33. Основные поставщики изделий на основе базальтового волокна в Россию в 2005-2006 гг.....	100
Таблица 34. Технические характеристики основной продукции Izomat, поставляемой на российский рынок .....	104
Таблица 35. Распределение импорта изделий на основе базальтового волокна в 2006 г. по регионам .....	106
Таблица 36. Динамика импорта изделий на основе базальтового волокна в 2000-2006 гг. по странам отправления .....	108
Таблица 37. Основные импортеры изделий на основе базальтового волокна в 2006 г.....	109
Таблица 38. Динамика цен основных торговых марок по заводам-производителям в 2004-2006 гг., \$США/т .....	112
Таблица 39. Баланс потребления изделий на основе базальтового волокна в России в 2000-2006 гг., тыс. т.....	117
Таблица 40. Основные потребители теплоизоляции на основе базальтового волокна в России в 2006 г.....	118
Таблица 41. Прогнозное соотношение многоэтажного и индивидуального строительства жилья по федеральным округа в 2010 г.....	122
Таблица 42. Сводные показатели ожидаемых объемов производства основных видов теплоизоляционных и кровельных материалов в 2010 г.....	124
Таблица 43. Прогнозная потребность в теплоизоляционных волокнистых материалах на основе минерального сырья , в %.....	124

## Список рисунков

Рисунок 1. Динамика производства теплоизоляционных материалов из базальтового волокна в России в 2000-2005 гг. ....	21
Рисунок 2. Динамика производства изделий на основе базальтового волокна в 2000-2006 гг., т (экспертная оценка) .....	22
Рисунок 4. Региональная структура размещения предприятий в России (по Федеральным округам) .....	27
Рисунок 6. Динамика производства изделий на основе базальтового волокна в ОАО «Тизол» в 2000-2006 гг. ....	60
Рисунок 7. Динамика производства базальтовых плит в ООО «Машиностроительный завод «Баск», т .....	71
Рисунок 8. Динамика производства базальтовых матов в ООО «Машиностроительный завод «Баск», тыс. м <sup>3</sup> .....	71
Рисунок 9. Динамика производства изделий на основе базальтового волокна в ОАО «Новгородский завод стекловолокна» в 2000-2006 гг. ....	76
Рисунок 10. Динамика производства изделий на основе базальтового волокна в ЗАО «Базальтовое волокно» в 2000-2006 гг. ....	79
Рисунок 11. Динамика производства ТИМ на основе базальтового волокна в ОАО Хабаровский завод «Базалит ДВ» .....	91
Рисунок 12. Динамика экспорта изделий на основе базальтового волокна из России в 2000-2006 гг. ....	96
Рисунок 13. Динамика импорта в Россию изделий на основе базальтового волокна в 2000-2006 гг., т .....	100
Рисунок 14. Структура импорта изделий на основе базальтового волокна в 2006 г. по торговым маркам, т,% .....	102
Рисунок 15. Динамика импортных цен по торговым маркам в 2004-2006 гг., \$США/т .....	111
Рисунок 16. Динамика экспортных цен основных российских производителей в 2004-2006 гг., \$США/т .....	113
Рисунок 17. Усредненная структура себестоимости производства изоляции на основе базальтового волокна .....	114
Рисунок 18. Зависимость средней цены ТИМ от их плотности .....	114
Рисунок 19. Динамика потребления изделий на основе базальтового волокна в России в 2000-2006 гг. ....	117
Рисунок 20. Прогноз производства изоляционных материалов на основе базальтового волокна к 2010 г. ....	125

## Введение

Настоящая работа представляет собой справочно-аналитический материал по исследованию российского рынка теплоизоляционных изделий на основе базальтового волокна.

Представленная информация может быть использована в деятельности производственных предприятий, специализированных торговых фирм, а также компаниями гражданского и промышленного строительства.

В первой части работы приводится краткое описание технологии производства и технические характеристики исходного базальтового волокна, указываются сравнительные данные по различным волокнистым материалам.

Вторая – «Производственная» - часть является основой работы. В связи с отсутствием полной информации в Федеральной службе государственной статистики (ФСГС РФ) и ее «нестыковки» с информацией Федеральной таможенной службы (ФТС РФ) экспертами ООО «Инфолайн» собраны и проанализированы прямые и косвенные материалы, касающиеся производства в России изделий на основе базальтового волокна. В частности, изучены документы, представленные на официальных сайтах предприятий-производителей, проведено телефонное интервьюирование ряда предприятий - прямые показатели; проанализированы материалы местных средств массовой информации, характеристики производительности оборудования, установленного на предприятиях и другие данные - косвенные показатели. На основе собранных материалов представлена экспертная оценка состояния производства ТИМ на основе базальтового волокна в России. По мнению экспертов ООО «Инфолайн» погрешность оценки не может превышать 15-20%.

При оценке производства экспертами ООО «Инфолайн» сделан усиленный упор на ассортимент и технические характеристики выпускаемой продукции. На наш взгляд такие материалы могут представлять пользу, как для потребителей ТИМ, так и для производителей.

В третьей части работы проведен анализ внешнеторговых операций с ТИМ на основе базальтового волокна.

В четвертой (заключительной) части приведены материалы по оценке емкости рынка и прогноз возможного его поведения в ближайшие пять лет. Учитывая скудность официальной статистики, вниманию заказчика для сравнения приведена оценка рынка разных организаций: Международной академии энергоинформационных наук и экономических проблем, специалистов Компаний *URSA*, *Rockwool*, ООО «Сен-Гобэн Изовер», Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству России (Рострой).

Оценка ООО «Инфолайн» несколько отличается от прогнозов других организаций. Прогноз качественного поведения рынка полностью коррелируется у всех экспертов. Различие затрагивает количественные показатели роста производства. Предлагаемые нами данные основаны на математическом расчете действующих и планируемых к вводу производственных мощностей.



## **1. Технология производства и характеристика базальтового волокна и изделий из него**

### **1.1. Технология производства и виды продукции из базальтового волокна**

Технический прогресс прошлого столетия в определяющей степени был связан с созданием и широким применением композиционных материалов на основе стеклянных, углеродных, керамических и химических волокон. Сегодня эти материалы и изделия из них окружают нас повсюду. Вместе с тем, производство этих волокон и материалов является экологически опасным как для природы, так и для людей, и требует серьезной защиты.

По этим причинам уже сегодня во всех странах мира запрещено производство и использование канцерогенного асбеста, считавшегося ранее незаменимым, а также строительных материалов на основе металлургических шлаков.

Последнее обстоятельство обусловило крайне осторожную и длительную по времени (около 30 лет) работу ученых и специалистов по созданию новых альтернативных дешевых материалов и экологически чистых изделий на их основе, способных заменить как "вредные", так и дорогостоящие волокна и изделия на их основе в реально возможных областях применения.

Наиболее приемлемым сырьем для получения нового класса волокон с уникальными свойствами показали себя горные породы - базальты. Базальты - это высокостабильные по химическому и минералогическому составу экструзивные магматические горные породы, запасы которых в мире практически не ограничены и составляют от 25 до 38% площади, занимаемой на Земле всеми магматическими породами. Они являются продуктами вулканической деятельности третичного и четвертичного периода и реже - юрского и мелового. Более древние, разрушенные и измененные процессами хлоритизации "палеотипные" базальты выделяются под названием диабазов (Урал, Карелия, Кавказ). Хлорит придает им зеленоватую окраску, вследствие чего они носят название зеленокаменных толщ. Известен также амфиболит, образующийся за счет средних и основных магматических пород ряда габбро-базальтов (Урал, Казахстан, Кавказ, Кольский полуостров, Восточная Сибирь, Украина и т.д.). Также может быть использован более легкоплавкий порфирит. Следует отметить, что все эти горные породы применялись и применяются в основном в строительстве, в виде щебня при подсыпке автомобильных и железных дорог, в качестве наполнителя при получении бетонов и т.п.

Базальтовые волокна получают из однокомпонентного дешевого сырья (базальта) при одностадийном технологическом процессе, что

обуславливает их более низкую (на 15 - 20%) себестоимость по сравнению, например, со стекловолокнами и во много раз более низкую по сравнению с другими перечисленными выше волокнами, производимыми по многостадийным технологическим схемам. При этом из 1 кг базальтового сырья получается практически тот же 1 кг готового базальтового высококачественного волокна. Сами установки для производства базальтовых волокон являются экологически чистыми, компактными и в процессе работы не выделяют никаких промышленных отходов; в атмосферу уходят только продукты полного сгорания природного газа, прошедшие предварительное охлаждение в рекуператорах и очистку в фильтрах.

Качество получаемого базальтового волокна определяется точным составом многокомпонентной шихты, который является коммерческой тайной любого производителя. Дело в том, что базальт не имеет более-менее определенного минералогического состава, а, следовательно, ему не присущи и определенные физические характеристики. Так, плотность базальтов колеблется ориентировочно от 2800 до 3200 кг/м<sup>3</sup>, а прочность на сжатие - от 110 до 500 МПа.

Базальтовые волокна обладают уникальными свойствами: высоким уровнем физико-механических и химических свойств, повышенной стойкостью в агрессивных средах и к вибрациям, долговечностью (не менее 100 лет), стабильностью свойств при длительной эксплуатации в различных условиях, хорошей адгезией к различным связующим, что, в свою очередь, определяет их как перспективный материал для получения новых композиционных материалов - базальтопластиков и изделий из них различного назначения.

Эти волокна работоспособны в широком диапазоне температур от -260 до +700°C, при которых разрушаются углеродные (+600...800°C) и стеклянные (ниже -60°C и выше +500°C) волокна. Базальтовые волокна экологичны, не выделяют опасных для здоровья людей веществ в воздушной и водной средах, негорючи, взрывобезопасны. Они полностью заменили канцерогенный асбест во всех областях его применения, превосходя его по всем свойствам, в том числе по теплоизоляционным более чем в 3 раза. Базальтовые волокна уверенно и объективно вытесняют из подавляющего большинства сегментов рынка и стеклянные волокна. Основным и практически единственным сдерживающим фактором широкого применения и распространения базальтовых волокон и изделий сегодня является крайне низкий существующий объем их реального промышленного производства в России и на Украине. Только эти два государства бывшего СССР в полной мере обладают секретами ключевых "базальтовых" технологий, имеют собственные промышленные производства, внутренний и внешний рынки. За последние годы разработчиками этих технологий выполнен ряд существенных научно-исследовательских работ по оптимизации существующих и наработке новых технологий, как в области производства волокон, так и в области их дальнейшего использования для создания "чисто"

базальтоволокнистых и базальтокомпозиционных и гибридных материалов и изделий.

Материалы и изделия на основе базальтовых волокон обладают высокими конструкционными, теплозвукоизоляционными, диэлектрическими и другими свойствами, позволяющими широко использовать их в различных отраслях промышленности: космической, авиа-, судостроительной, автомобилестроении, химической, нефтеперерабатывающей и газовой, радиоэлектронной и электротехнической, сельском хозяйстве и транспорте, металлургии и строительстве, в коммунальном хозяйстве мегаполисов и малых городов. Эти материалы успешно конкурируют с металлом, угле- и стеклопластиком, керамикой и другими материалами большой химии.

Ведущие ученые различных стран по праву считают базальтовые волокна основой материаловедения XXI века и прочат им самое большое будущее в дальнейшем развитии мирового технического прогресса. В ряде развитых стран это научно-техническое направление включено в категорию приоритетных. Базальтоволокнистые композиционные и гибридные материалы и технологии фигурируют в разделе "Новые материалы и химические продукты" "Перечня приоритетных направлений развития науки и техники и критических технологий Федерального уровня", утвержденного Правительственной комиссией по научно-технической политике Российской Федерации.

Базальтовые волокна (т.е. волокна из горной породы "базальт") делятся на две большие группы: непрерывные волокна и дискретные волокна (вата), называемые еще базальтовыми супертонкими волокнами (БСТВ). Они имеют соответственно и различное назначение, но уже выступают в роли товара для непосредственного применения или исходного материала для последующих переделов.

**Непрерывные волокна** - толщина элементарного волокна - от 7 до 24 мкм.

Назначение:

При толщине 7-15 мкм применяется как армирующий наполнитель при производстве композитов (базальтопластиков) и изделий на их основе с полимерными и неорганическими матрицами.

При толщине 15-24 мкм используется как армирующий наполнитель композитов с органическим и минеральным связующим (бетоном, асфальтом, гипсом и т.п.).

Как исходный материал применяется для производства тканей различного назначения (для фильтров, огнезащитной одежды, противопожарных кошм и т. п.), рукавов (армирование труб, защита кабелей и т. д.).

Базальтовое волокно получают в одну стадию по следующей схеме: базальтовый щебень с определенной крупностью порционно загружается в малогабаритную плавильную установку, где он плавится при температуре

1460-1500°C. Далее расплав гомогенизируется и под действием своего веса выдавливается через платинородиевую фильеру, имеющую от 200 до 400 калиброванных отверстий малого диаметра, образуя капли. Из этих постоянно висящих капель вытягиваются элементарные волокна диаметром 9 мкм со скоростью 50 м/с. Эти 200-400 волокон складываются в одну комплексную нить, на нее наносится замасливатель, который предотвращает распушение нити и обеспечивает необходимые свойства ее поверхности при дальнейшей технологической переработке. Затем нить наматывается на бобины или шпули. Установка работает круглосуточно и непрерывно 350 дней в году с плановой остановкой и профилактикой 1 раз в год сроком от 7 до 15 дней. Съем готового волокна с одного фильерного отверстия (а их может быть 200 и 400) составляет 1 кг в сутки. В реальном производстве в настоящее время работают установки с плавильным агрегатом в виде ванной печи на газовом, мазутном топливе и с электронагревом производительностью 100, 260 и 500 т волокна в год.

С установки волокно передается на участок трощения и перемотки, где в случае необходимости осуществляется перемотка и получение крученых нитей. Эта и последующие операции производятся уже с использованием стандартного оборудования, применяемого для переработки стекловолокна: ткацкого, намоточного, пултрузионного и др.

Учитывая, что базальтовое волокно хорошо совместимо с углеродным, открываются широкие перспективы создания гибридных материалов. Модуль упругости базальтового волокна составляет около 11000 кгс/мм<sup>2</sup>, а углеродного - 22000 - 56000 кгс/мм<sup>2</sup>. Если в базальтовое волокно добавить расчетное количество углеродного, то модуль упругости и ряд других свойств полученного гибрида будет существенно превышать уровень свойств базальта, но ввиду малого количества углеродного волокна на стоимости гибрида все это скажется вполне допустимо. Таким образом, конструируя новые композиционные материалы и изделия, существует возможность управлять не только уровнем свойств, но и стоимостью товара, делая его конкурентоспособным и по ценовым показателям.

Комплексная базальтовая нить (или иначе - ровинг) - это пучок параллельно уложенных элементарных волокон, скрепленных замасливателем. Ровинг является исходным материалом для:

- намотки тел вращения (труб диаметром от 5 до 2000 мм при внутреннем давлении от 0 до 400 атм для транспорта нефти и газа, горячей и холодной воды, химически агрессивных жидкостей, сыпучих тел, кабельной канализации; баллонов низкого и высокого давления);

- производства арматуры, стержней, профилей (уголок, тавр и т.д.) методом пултрузии для строительства дорог, домов, портовых сооружений, особенно для сейсмоопасных зон;

- ровингового долгоживущего препрега для производства деталей машин, корпусов сложной формы методами литья под давлением, прессования и т.п.;

- рубленого волокна для трехмерного армирования бетонов;
- асфальтовых покрытий, при строительстве дорог, взлетно-посадочных полос (ВПП) аэродромов; для получения объемно-армированных базальтопластиков различного назначения;
- производства сеток с различными размерами ячеей для двухмерного армирования рабочих и несущих покрытий дорог, ВПП, закрепления осыпей и оползней и других строительных технологий;
- производства широкой номенклатуры крученых базальтовых нитей как исходного материала для ткачества;
- производства тканей различного назначения: конструкционных, фильтровальных, огнезащитных, электротехнических, кровельных и др.;
- производства термохимических и радиационных тканевых препрегов для получения базальтокомпозитов и широкой номенклатуры изделий на их основе для машиностроения, авиации, судостроения, строительства и др.; ремонта строительных конструкций (стен зданий и сооружений, тоннелей, мостов, трубопроводов, несущих колонн и др.).

**Базальтовое дискретное волокно (БСТВ)** - толщина элементарного волокна 3-9 мкм, длина 40-60 мм.

Используется:

- для производства энергоэффективных теплозвукоизоляционных экологически чистых материалов и изделий для производства звукопоглощающих материалов и изделий;
- для криогенной техники;
- для гидропоники;
- как наполнитель объемно армированных базальтовых композиционных материалов и изделий с различными связующими;
- широко применяется в судо-, авиа-, автомобилестроении, строительстве, акустике, а также для повышения огнестойкости и пожарной безопасности объектов.

БСТВ работоспособно в широком диапазоне температур (от -260 до +700 °С), вибростойко, сохраняет свою первоначальную форму при эксплуатации, химически инертно, негорюче и вообще повышает огнестойкость объекта, где оно применено. По комплексу свойств превосходит аналогичные материалы из стекловаты, минеральной ваты, шлаковаты и природных теплоизоляционных материалов (мох сфагнум, широко используемый в деревенском и коттеджном строительстве). При эксплуатации в течение 100 лет сохраняет свои свойства и не выделяет вредных для людей и природы химических соединений под воздействием окружающей среды (кислотные дожди и т.п.), поглощает шум и значительно ослабляет радиацию (в частности, альфа- и бета-излучение).

Производится БСТВ по так называемому "дуплекс-способу". Суть его заключается в следующем: в плавильный агрегат малогабаритной установки производства БСТВ дозатором порционно загружается мелкофракционный

базальтовый щебень строго определенной крупности. Базальт расплавляется, гомогенизируется и под действием собственного веса продавливается (проливается) через фильерные пластины из жаропрочной стали с калиброванными отверстиями сложной формы, образуя капли. Из этих капель вытягиваются элементарные волокна толщиной 300-350 мкм, которые на следующем этапе раздуваются высокотемпературной газовой смесью, обдувающей волокно под углом 90°. Происходит оплавление первичного волокна и вытягивание высокоскоростным потоком раскаленного газа вторичных элементарных волокон толщиной 3-9 мкм и длиной 60 мм.

Более современной технологией получения волокна является сверхскоростной многовалковый центробежный метод. Распыление расплава осуществляется на валковых высокоскоростных (до 6500 оборотов в минуту) центрифугах. В процессе формирования волокна расплавленное сырье проходит через электромагнитное поле (так называемая "эйфелевская" технология). В результате получается очень качественное волокно диаметром 3-4,5 мкм и длиной примерно 35-50 мм с весьма малым содержанием неволоконистых включений (не более 2 %).

Эти волокна потоком газа уносятся в камеру волокноосаждения, в которой осаждаются на движущийся сетчатый транспортер в виде ковра и, в конечном итоге, наматываются на приемный барабан. В зависимости от скорости транспортера получается базальтовый ковер определенной толщины. Этот ковер снимается с барабана и поступает для дальнейших технологических операций. Рулонный ковер - уже товар и поставляется для теплозвукоизоляции стен и перекрытий домов, изготовления кузовов рефрижераторов, холодильников, термоизоляции кухонных плит, стиральных машин, судов, самолетов и т.д. На этой вате по технологиям гидропоники выращиваются рассада, овощи и цветы, так как минеральный состав базальта содержит необходимые растениям химические вещества.

Ковер из базальтовой ваты хорошо сохраняет свою форму благодаря длинному элементарному волокну, что не характерно для волокон, полученных другими способами. Длинное волокно создает в ковре структуру "упругой путанки", и для сохранения формы при толщине 50-100 мм ему не нужно связующее.

Из этих ковров производят теплозвукоизоляционные (ТЗИ) маты, зашивая ковер в оболочку из базальтовой ткани, что облегчает его применение при монтаже и в строительных технологиях. По несколько более сложной схеме производятся звукопоглощающие маты. Если ковер пропитать минеральным, органическим или неорганическим связующим, подпрессовать, отбирая излишки этого связующего, просушить при температуре 90-150°C, то получится новое семейство материалов: мягкие и жесткие картоны (толщиной 5-8 мм), мягкие и жесткие плиты (толщиной от 10 до 25 мм), из которых могут набираться пакеты любой толщины в зависимости от назначения. Эти виды продукции являются самыми распространенными и, несмотря на сравнительно малую плотность (от 100 до

400 г/см<sup>3</sup>), экспортируются в зарубежные страны на значительные расстояния.

Картон и плиты, изготовленные с применением в качестве связующего бентонитовой глины, приобретают способность работать при высоких температурах, достигающих 1000 °С, и широко применяются в горячих производствах для термоизоляции агрегатов в металлургии и многих других отраслях.

Если ковер БСТВ порезать вдоль, получив при этом в сечении квадрат, затем оплести его сеткой из базальтового ровинга или нити, получают новый вид жаростойкого материала - базальтовые теплоизоляционные шнуры, надежные и удобные при использовании. Они предназначены для теплозвукоизоляции стыков панелей при панельном домостроении, изоляции криволинейных и сложных по конфигурации теплотрубопроводов, прокладки между бревнами при строительстве домов из бревен и бруса взамен пакли или мха. Кроме того, они широко применяются в судостроении, авиационном, машиностроении и многих других отраслях промышленности.

## **1.2. Сравнительные характеристики стеклянных, минеральных и базальтовых волокон и материалов на их основе**

В настоящее время около 60% всей применяемой тепло- и звукоизоляции представлено волокнистыми материалами - стеклянной, минеральной и базальтовой ватой.

### **Сырье и производство**

Все рассматриваемые волокна - неорганические, но делаются по-разному.

Для стеклянных волокон смешивают песок, соду, известняки, некоторые химические добавки и получают шихту. Расплавленная шихта в процессе производства становится стеклом. На следующем этапе расплав стекла раздувают паром, воздухом, на центрифуге или другими методами и получают волокно. Производимые из стекловолокна изделия: стеклохолст, стекломаты, стеклоткани.

Для минеральных волокон - плавят доменные шлаки с добавками (шлаковата) или некоторые минеральные ископаемые (глины, доломиты и т.п.) в смеси (или без) с улучшающими добавками - горными породами (базальты, габбро, диабазы и пр.). Далее идет процесс раздува, аналогичный стеклянному производству. Производимые из минваты изделия: минераловатные маты и плиты.

Базальтовые волокна получают из расплава собственно базальта, а также некоторых близких к нему пород без каких-либо дополнений в виде синтетических или минеральных веществ. Производимые из базальтового волокна изделия: базальтохолст, базальтовые маты, ткани, плиты, картон.

**Таблица 1. Сравнительные характеристики волокон**

	Параметр (характеристика)	Стекловолокно	Минеральное	Базальтовое (БСТВ)
<i>Механические характеристики</i>				
1	Кажущаяся плотность, кг/м <sup>3</sup>	12-25	25-40	15-23
2	Диаметр элементарного волокна, мкм	4-12	4-10	1-3
3	Длина волокон, мм	15-50	16	40-70
4	Модуль упругости, кгс/мм <sup>2</sup>	до 7200	5400...8000	9100...11000
5	Коэффициент уплотне- ния при эксплуатации	1,6	1,8	1,2
6	Остаточная прочность при растяжении (после термообработки), % при температуре 20° С	100	100	100
	200° С	92	95	98
	400° С	52	60	85
	600° С	спекание	20	76
<i>Температурные характеристики</i>				
7	Диапазон температур применения, °С	-60...+250	-180...+450	-250...+700
8	Коэффициент теплопроводности, Вт/м°С	0,038..0,042	0,04...0,047	0,031..0,034
9	Температура спекания, °С	600	850	1100
<i>Виброустойчивость (потеря веса при вибровоздействии) % при температуре (v=50 Гц, A=1мм, t=3 часа)</i>				
10	200°С	12	40	
	450°С	41	75	0,01
	900°С	100	100	0,35
<i>Акустическая характеристика</i>				
11	Коэффициент звукопоглощения	0,8...0,92	0,75...0,95	0,95...0,99
<i>Химическая устойчивость (потеря веса) ,%</i>				
12	в воде	6,2	4,5	1,6
	в щелочной среде	6	6,1	2,75
	в кислотной среде	38,9	24	2,2
13	Водопоглощение	1,7	0,95	0,02



за 24 часа, %			
---------------	--	--	--

*Источник: «Инфолайн»*

Воздух - лучший изолятор. Он имеет самый низкий коэффициент теплопроводности, теоретически недостижимый в любых материалах кроме более легких газов, вакуума в термосах и активной теплоизоляции. Поэтому, чем ближе изделие по плотности к воздуху, тем меньший у него коэффициент теплопроводности. С учетом сказанного, базальтовая вата имеет преимущества перед стеклянной и минеральной, так как у нее тоньше волокна и меньше плотность (строки 1 и 2 табл. 1).

Коэффициент уплотнения при эксплуатации показывает на сколько тоньше (и тяжелее) становится изоляция с течением времени. Из таблицы видно, что минерального волокна нужно почти в два раза больше для сохранения изолирующих свойств (строка 5). Остаточная прочность при растяжении показывает, что до 200°C все материалы мало меняют свои свойства, приемлемы для общестроительных целей и изоляции не слишком горячих трубопроводов. Однако, если действие температуры циклическое (нагрев-охлаждение), то возникает проблема усталостной термопрочности и, в конечном итоге, долговечности теплоизоляции.

В таблице температурных характеристик для стеклянного и минерального волокон приведены "лучшие" показатели. Они могут существенно отличаться в зависимости от марки стекла или состава шихты в минеральном волокне. Базальтовое волокно стабильно по составу и, соответственно, по температурным характеристикам. Кроме того, при оценке температурных характеристик необходимо учесть не только то, как волокно "держит" температуру, но и как меняется его прочность (строка 6).

Очень важный показатель, влияющий на долговечность изоляции - виброустойчивость. Вибрационным и акустическим нагрузкам подвергаются все конструкции - и строительные, и технологическое оборудование и, в особенности, транспортные средства.

Именно высокая вибростойкость базальтовых волокон определила их исторически первую область применения - аэрокосмический комплекс и судостроение. Кроме того, базальтовые волокна - эффективный звукоизолятор, который не только изолирует, но и не разрушается сам от звуковых колебаний. Например, во всех самолетах используется только изоляция из базальтового супертонкого и ультратонкого волокна - не "сыпется", не пылит, переносит частые теплосмены.

В теплоизолирующих материалах всегда присутствует некоторое количество влаги в виде пара или жидкости. При определенных условиях пар может конденсироваться внутри материала. Также в процессе эксплуатации через неплотности паро- и гидроизоляции влага может попадать из окружающей среды. Вода осадков имеет кислотную реакцию. Как видно из строки 12 стеклянные и минеральные волокна уступают по химической стойкости базальтовым в 2,5-3 раза для нормальных и щелочных сред и 8- 17

для кислотных. Водопоглощение базальта в 85 раз ниже, чем стекла. Следовательно, разрушение стеклянных и минеральных волокон протекает значительно быстрее, чем базальтового.

### Экологическая чистота производства и применения

Само производство волокон при использовании разных видов сырья практически не будет отличаться друг от друга по степени воздействия на окружающую среду. Если же учитывать производство сырья, то для базальтового волокна и минерального - это только добыча нерудных полезных ископаемых, производимая с низкими энергетическими затратами. Для стекловолокна - это комплекс сложных и энергоемких механических и химических процессов с использованием ряда реактивов, производимых другими предприятиями химической отрасли промышленности.

Кроме того, необходимо отметить следующее. Базальтовые волокна длинные и тонкие. В мате они спутываются и держатся без связующего. Для транспортировки и придания базальтовому материалу "товарного вида" маты иногда простегивают нитью или обшивают тканью. В изделиях из стекловаты и минерального волокна всегда используют связующие - для придания им формы, защиты от влаги, повышения механических характеристик, повышения биостойкости и т.п. (то есть для исправления свойств самих волокон). В качестве связующего в подавляющем большинстве случаев используются фенольные смолы (от 1,5 до 10% по массе изделия). Все производители минеральных и стеклянных теплозвукоизоляционных изделий на фенольной связке должны иметь соответствующие гигиенические сертификаты и разрешения. Вместе с тем открытым остается вопрос об экологичности их производства (фенол признан канцерогеном), накоплении продуктов распада в помещениях (проблема "фенольных домов"), эксплуатации в особых условиях. Помещения, утепленные материалами с фенольным связующим, должны быть холодными и чаще проветриваться.

Экологическая нагрузка всего комплекса технологических процессов по получению и эксплуатации базальтовых волокон несоизмеримо ниже, чем при производстве и использовании аналогичных стеклянных или минеральных материалов.

В 2002 году в Европе принята программа "зеленого строительства", одним из элементов которого является использование материалов на основе природных базальтов в целях тепловой и акустической изоляции.