

## **ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

СЕРИЯ 6

### **ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ, МЯГКИХ КРОВЕЛЬНЫХ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

### **ГАББРО-БАЗАЛЬТОВОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОГО ВОЛОКНА**



ОАО «ЦЕНТР ИНФОРМАЦИИ  
И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
В СТРОЙИНДУСТРИИ» – ВНИИЭСМ

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО  
«БАЗАЛЬТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Серия 6.  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ,  
МЯГКИХ КРОВЕЛЬНЫХ  
И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Выпуск 1-2*

ГАББРО-БАЗАЛЬТОВОЕ СЫРЬЕ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
МИНЕРАЛЬНОГО ВОЛОКНА

*Аналитический обзор*

УДК 666  
ББК 35.437  
П 81

В обзоре обобщены результаты научно-исследовательских и опытно-промышленных работ в области изучения горных пород габбро-базальтовой группы различных месторождений России с целью получения высококачественных базальтовых волокон и изделий на их основе. Рассматриваются характеристики разрабатываемых месторождений горных пород, составы шихт и технологические свойства расплавов. Приведены регламентируемые нормативными документами технические характеристики базальтоволокнистых изделий (матов, плит, картона и др.). Содержатся рекомендации по использованию габбро-базальтового сырья в различных регионах России.

Ответственный редактор Э. М. РАСКИНА  
Научный редактор к.г.-м.н. А. Н. ЗЕМЦОВ

Редакционная коллегия

Г. М. МАТВЕЕВ (главный редактор), Э. М. РАСКИНА  
(зам. главного редактора), С. В. ГОРШКОВ,  
Я. И. ЗЕЛЬМАНОВИЧ, В. Б. ПОНОМАРЕВ,  
Н. М. ШОБОЛОВ, Ю. П. ШУЛЬЖЕНКО

ISBN

© ОАО "ВНИИЭСМ"  
© НП "Базальтовые технологии", 2003

## ПРЕДИСЛОВИЕ

На уровне промышленно-развитых стран мира производство минеральной ваты в настоящее время составляет около 10 кг в год на жителя. Значительная часть этой продукции представлена волокнами, изготовленными из магматических горных пород.

С учетом растущего интереса к минеральноволокнистой теплоизоляции, проблемам энергосбережения и развития производств, ориентированных на местное сырье, следует приветствовать появление настоящего обзора, написанного одним из ведущих специалистов СССР и России по данной тематике.

В нашей стране первыми (в XVIII веке) начали разрабатываться в качестве источника строительного камня выходы магматических пород в районе Онежского озера (Олонецкая губерния) на территории Европейской России и на Украине. В странах Европы базальты добываются в Чехии, где известна даже столбчатая отдельность базальтовых лав<sup>1</sup>, в долине Рейна, месторождения пористых базальтов известны в центральной Румынии. В Грузии широко используются базальты Марнеули на краю Иоркского плоскогорья между Большим и Малым Кавказом, обширные месторождения базальтов обнаружены в последние годы в районе грузинско-турецкой границы. В центре Франции расположен огромный массив изверженных базальтов, которые использовались в производстве стекла еще в XIX веке. Расширяется прямое использование в промышленности вулканических шлаков: стекольный завод в Магадане с 1942 г. производил бутылки, изоляторы, позднее пеностекло и другую продукцию из принесенных, возможно, с Камчатки отложений продуктов вулканических взрывов. Вулканические шлаки Камчатки непосредственно используются в производстве минеральной ваты. В СССР в 1984 г. Министерством промышленности строительных материалов было принято решение о «развитии сырьевой базы по добыче базальтового щебня для изготовления волокон и изделий на их основе» (приказ № 239 от 22 мая 1984 г.).

---

<sup>1</sup> На территории Чехии находится известный вулкан, извергавшийся относительно недавно (возможно, тысячи — десятки тысяч лет назад) — Камерная горка (503 м), в районе между возвышенностями Рудные горы и Чешский лес на западе Чехии (недалеко от Карловых Вар, по-немецки — Карлсбада). Вулкан относится к Чешско-Силезской вулканической дуге, протянувшейся на 600 км (Апродов, 1982).

В настоящее время вулканические пепел и пемза входят в перечень основных нерудных полезных ископаемых Азербайджанской республики. Активно разрабатываются компанией “Rockwool” базальты лавовых потоков (оливиновые базальты), излившихся в 1730-36 гг. на о-ве Лансароте (Канарские о-ва). В США из общего количества производства дробленого камня 1,1 млрд. тонн в год 7% приходится на базальт (данные на 1996 год).

В обзоре представлены сведения по месторождениям горных пород габбро-базальтовой группы и осадочных горных пород, используемых в качестве добавки для получения двухкомпонентной шихты, приводятся важные для организации поставок сырья сведения о разрабатываемых месторождениях<sup>1</sup>.

Современные плавильные устройства (печи) могут привести в жидкотекучее состояние вещество горных пород практически любого химического состава. Разработка проблемы сырья для получения волокон важна в части использования и переработки различных техногенных отходов, в том числе остекловывания радиоактивных отходов.

На основании данных практического опыта считается, что текучесть и другие технологические свойства расплава определяются суммарным содержанием щелочей и отношением концентрации двух и трехвалентного железа в сырье (шихте) и на выходе из печи<sup>2</sup>. По сводке, составленной В.Б. Пономаревым (2002) на основании различной технической документации, диапазон допускаемых значений по содержанию  $\text{SiO}_2$  составляет 39-55 масс. %, количество щелочей достигает 7,5 масс. %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 20 масс. %.

Состав сырья определяет изменение вязкости расплава в процессе плавки и количество и состав выделяющихся газов, влияющих на атмосферу печи и срок службы огнеупора. Следует также учитывать необходимость для некоторых видов сырья его предварительного прогрева при средних температурах с целью сушки и контроля/управления валентного состояния железа. В этом отношении важен геологический возраст сырья – степень его изменений под воздействием местной среды, то есть процессов

---

<sup>1</sup> Определенные сведения о месторождениях магматических пород содержатся также в “Кадастре разведанных месторождений строительных материалов РСФСР на 01 января 1986 г.”, изданном Геологическим фондом РСФСР в 1987 г.

<sup>2</sup> Впервые систематический анализ химического состава базальтов (трапповых) с учетом различного валентного состояния железа был проведен в 1932 г. академиком Ф.Ю. Левинсоном-Лессингом при изучении траппов Тулуно-Ангарского района в качестве сырья для каменного литья.

выветривания для блоков породы приповерхностного слоя и метаморфизма для более глубоко расположенного ископаемого сырья<sup>1</sup>. Условно границей областей выветривания и метаморфизма считают уровень грунтовых вод. Выветривание состоит из ряда сложных процессов: физического выветривания (механического разрушения породы), выщелачивания оснований, гидратации, гидролиза и окисления. В отношении сырья для производства минеральной ваты основное значение имеют процессы хлоритизации диабазов<sup>2</sup>, серпентинизации<sup>3</sup> дунитов, цеолитизации<sup>4</sup> и ряд других. В целом важно, что «отношение  $Fe_2O_3$  к FeO в осадочных и

---

<sup>1</sup> Породы, имеющие свежий вид, независимо от фактического геологического возраста, называются *кайнотипными*, породы древнего вида – *палеотипными*. Одним из первых на значение этого для их экономической оценки в плане использования в качестве сырья для производства минеральной ваты обратил внимание Н. Е. Аблесимов в ходе 1-го отраслевого совещания (Пермь, 2003).

<sup>2</sup> *Хлориты* (от греч. chlorys — зелёный), группа минералов — водных метаалюмосиликатов Mg и Fe со слоистой слюдоподобной кристаллической структурой. Известны смешанно-слоистые образования типа хлорит-монтмориллонит, хлорит-вермикулит (корренсит) и др. По соотношению  $Fe_{2+}/Fe_{3+}$  выделяются ортохлориты (неокисленные, с содержанием  $Fe_2O_3$  не более 4%) и лептохлориты (окисленные, богатые  $Fe_2O_3$ ). Точная диагностика хлоритов возможна с помощью рентгеноструктурного, электронографического и термического анализов. Ортохлориты — важные породообразующие минералы зеленых сланцев — пород начальных стадий регионального метаморфизма; характерны для около рудноизмененных пород гидротермальных месторождений и преобразованных лав вулканических областей. Процессы хлоритизации протекают при сравнительно невысоких температурах. Хлориты часто возникают как продукты изменения более высокотемпературных Mg—Fe-силикатов (биотита, амфиболов и др.), а также замещают скаполиты, плагиоклазы, гранаты, везувиан, ставролит и многие др. минералы с образованием по ним псевдоморфоз. В больших количествах хлориты (совместно с тальком и серпентином) появляются при гидротермальном преобразовании ультра-основных горных пород, вулканических туфов, глинистых сланцев, иногда даже доломитов.

<sup>3</sup> *Серпентинизация*, процесс изменения (гидратации) ультраосновных горных пород под воздействием термальных водных растворов, выражающийся в замещении безводных магнезиальных силикатов минералами группы *серпентина*; в результате С. образуются *серпентиниты*. Серпентин (от лат. serpens — змея; окраска некоторых С. напоминает змеиную кожу), минерал из подкласса слоистых *силикатов*. Хим. состав  $Mg_6[Si_4O_{10}] (OH)_8$ . По морфологии и характеру деформации кристаллической решётки выделяются три основные разновидности С.: микрочешуйчатая листоватая — антигорит, тонковолокнистая — хризотил, тонкозернистая — лизардит. Разнообразие структур С. связано с различными деформациями кристаллической решетки.

<sup>4</sup> *Цеолитизация* — процесс замещения полевошпатовых пород *цеолитами*, происходящий в условиях относительно низких температур и давлений под действием гидротермальных растворов. Ц. одна из форм метаморфизма горных пород. Ц. наиболее часто подвергаются основные эффузивные породы; процессу Ц. порода может быть подвергнута как полностью, так и частично. В пустотах таких пород образуются кристаллы цеолитов и др. гидротермальные минералы (кальцит,

изверженных породах имеет противоположное значение. В осадочных породах преобладает оксидное железо” (Справочник по геохимии, 1990, с. 145). Многие указывают на то, что наиболее подходящим сырьем по стабильности состава для производства волокон являются малощелочные океанические базальты.

Состав сырья и полученных из него материалов имеет важное значение для проблемы безопасности материалов при контакте с организмом человека. С позиций Международной организации труда (МОТ) общепризнанным в мире с 1989 г. опасным волокнистым материалом является асбест<sup>1</sup>. Асбест - кристаллический минерал, в отличие от аморфных минеральных волокон. Различие этих форм может быть без труда установлено рентгеноструктурным анализом.

Дискуссия о возможном вреде вещества волокон для легких человека привела к выработке различных нормативов по химическому составу. В Европе Директивой 97/69 (1997 г.) введено требование, чтобы сумма массовых содержаний оксидов натрия, калия, кальция, магния и бария (то есть щелочных и щелочноземельных металлов) превышала 18% (см. Приложение 2). Сведений о пересмотре требований Директивы, принятых на срок 5 лет, на момент подготовки настоящего издания не имеется. В СССР и России состав сырья для производства минеральной ваты регулировался ГОСТ 4640 (последняя редакция - 1993 г.). В связи с вступлением в силу 1 июля 2003 г. Федерального закона “О техническом регулировании”<sup>2</sup> эти требования более “не подлежат обязательному исполнению”, как не соответствующие основным целям “защиты жизни или здоровья граждан...” (ст. 46 указанного закона).

Можно согласиться с автором обзора, что для условий России обязательные требования к сырью для производства минеральной ваты будут выработаны по мере развития технического регулирования в отрасли.

В предлагаемом читателю обзоре собрана обширная информация об источниках однокомпонентного и поликомпонентного сырья для производства минеральной ваты, включая также общие

---

апофиллит, анальцит и др.). Цеолитизированные породы широко развиты в областях древнего вулканизма. С породами, подвергшимися Ц., связаны месторождения *исландского шпата*. Отдельные слои вулканического пепла, претерпевшего Ц. и сложенные нацело цеолитами, используются в промышленности как добавка к цементу и как высокоценный адсорбент.

<sup>1</sup> Данный документ МОТ (Конвенция № 162 об охране труда при использовании асбеста) принят Генеральной конференцией МОТ в 1986 г., вступил в силу в 1989 г., обязателен для применения в России с 2000 г.

<sup>2</sup> Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ.

сведения о методике расчета состава многокомпонентных шихт. Сведения базируются на огромном опыте производственников и инженеров - исследователей и практиков в области минеральных волокон и теплоизоляционных строительных материалов. Обзор будет полезен инженерам и работникам заводских лабораторий соответствующих производств, а также экономистам и предпринимателям, работающим в сфере современных теплоизоляционных материалов. Подробнее с современным положением дел и проблематикой по исследованию сырья и аморфного вещества волокон можно ознакомиться в сборнике "Базальтовая вата" (Пермь, 2003 г.).

**А. Н. ЗЕМЦОВ,**  
канд. геолого-минералогических наук,  
председатель научно-технического совета  
некоммерческого партнерства  
"Базальтовые технологии"  
Москва,  
июль 2003 г.

В. Б. ПОНОМАРЕВ,  
канд. техн. наук

## **ВВЕДЕНИЕ**

Наиболее эффективный способ сокращения потерь тепловой энергии и экономии энергоресурсов - это качественная тепловая изоляция. Обязательным условием для устройства эффективной тепловой изоляции является применение легких, долговечных и безвредных утеплителей. В общем объеме отечественного производства теплоизоляционных материалов доминирующее положение занимают волокнистые утеплители (минераловатные, стекловолокнистые, базальтоволокнистые) - их доля превышает 75%. На долю пенопластов приходится примерно 16%, прочих теплоизоляционных материалов (ячеистые бетоны, перлит, вермикулит и др.) - около 9%.

По данным Госкомстата России, объем производства теплоизоляции из минерального волокна в 2000 г. составил 5,8 млн. м<sup>3</sup>, в 2001 г. - 6,5 млн. м<sup>3</sup>.

В настоящее время мощности действующих минераловатных

производств оцениваются в 12-15 млн. м<sup>3</sup>, а производств по выпуску стекловолоконистых теплоизоляционных материалов - в 1,2-1,5 млн. м<sup>3</sup> в год. Выпуск базальтоволоконистой изоляции, производство которой находится в стадии становления, не превышает 80 тыс. м<sup>3</sup> в год.

Качество волоконистой теплоизоляции предопределяется в основном качеством используемого сырья. Это промышленные отходы - доменные шлаки, шлаки цветных металлов, бой кирпича и др., а также различные горные породы - глина, сланцы, песок, мергели, туфы, известняки, доломиты, базальты, диабазы и др.

Отечественный и зарубежный опыт последних лет свидетельствует о том, что повышение качества минерального волокна и изделий из него (плит, матов, цилиндров) возможно за счет использования в качестве сырья горных пород габбро-базальтовой группы или сырьевых композиций (шихт) на их основе. Это обусловлено стабильным химическим и минералогическим составом горных пород (в отличие от промышленных отходов и осадочных пород) и высоким содержанием стеклообразующих оксидов (суммарное содержание SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> до 65%). В связи с этим, весьма актуален перевод предприятий промышленности теплоизоляционных материалов на минеральное сырье из горных пород.

В результате геологоразведочных работ и технологических испытаний, проведенных различными организациями геологоразведки и строительного комплекса страны с целью использования горных пород в качестве сырья для производства минерального волокна, накоплен значительный массив информации и разработаны кадастры сырья, пригодного для получения минерального (базальтового) волокна.

## **ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СЫРЬЕВЫМ МАТЕРИАЛАМ**

Сырье, применяемое для производства минерального волокна, должно удовлетворять следующим требованиям:

- легкодоступность и достаточные балансовые запасы месторождений, наличие транспортных магистралей (автомобильных, железнодорожных, водных);
- расположение источника сырья вблизи перерабатывающего предприятия;

- стабильный химический состав сырья и требуемый фракционный состав в зависимости от вида используемого плавильного агрегата (40-100 мм для вагранок и 0-20 мм для ванн и электрических печей);
- легкоплавкость сырья, содержание достаточного количества стеклообразующих оксидов, быстрый переход в расплав без остатка первоначальной кристаллической фазы;
- постоянный химический и минералогический состав сырья, позволяющий получать расплав с невысокой температурой плавления и значительным интервалом вязкости для переработки в волокно, стойкое к воздействию атмосферных, температурных, физико-химических факторов;
- простота предварительной подготовки сырья.

Таким требованиям соответствуют, прежде всего, основные излившиеся магматические породы с содержанием оксида кремния менее 52%. К этой группе относятся имеющиеся во многих регионах России базальты, диабазы, порфириды, габбро, долериты и их производные, которые являются основным компонентом шихты при производстве минеральных волокон. Колебания в химическом составе этих горных пород обычно невелики и не ограничивают их применения как в качестве однокомпонентного сырья, так и (при необходимости) с корректирующими добавками карбонатных горных пород (известняков или доломитов). В зависимости от тепловых возможностей плавильных агрегатов, а также требуемых свойств расплава и волокна, содержание корректирующей добавки колеблется от 10 до 30%.

Фракционный состав карбонатных пород должен быть несколько меньшим по сравнению с габбро-базальтовым сырьем (30-70 мм для вагранок и 0-10 мм для ванн печей). Это обусловлено большей продолжительностью прогрева и декарбонизацией известняков и доломитов, а также временем, необходимым для взаимодействия CaO и MgO с другими оксидами в расплаве при образовании силикатов и алюмосиликатов.

Химический состав волокон должен быть представлен следующими оксидами (в % по массе): SiO<sub>2</sub> — 40-50, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 5-17, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — до 16, CaO — 10-25, MgO — 3-15, MnO — до 0,3, TiO<sub>2</sub> — до 3, R<sub>2</sub>O — до 8. Оксиды кремния и кальция являются непременными компонентами сырья, в то время как оксиды алюминия, магния и других металлов могут отсутствовать.

Теоретически шихту и расплав оценивают по модулю кислотности  $M_k$ :

$$M_k = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO}}$$

где  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  - содержание соответствующих оксидов в сырье или расплаве, % по массе.

Считается, что чем выше  $M_k$ , тем более устойчиво минеральное волокно к воздействию воды и влаги и, следовательно, тем более оно долговечно. Однако, рост значения  $M_k$  ввиду увеличения в шихте содержания оксидов кремния и алюминия затрудняет ее плавление, повышает вязкость расплава и в итоге приводит к снижению производительности плавильного агрегата или увеличению энергозатрат на плавление.

Разработчик базальтового супертонкого волокна и непрерывных волокон научно-исследовательская лаборатория базальтовых волокон Института проблем материаловедения АН Украины (НИЛБВ ИПМ АН Украины) в качестве эталонного сырья предлагает базальт Берестовецкого месторождения (Украина) следующего химического состава (в % по массе):  $\text{SiO}_2$  — 48,0-51,9,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 12,2-16,5,  $\text{TiO}_2$  — 2,7-2,9,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 3,9-7,6,  $\text{FeO}$  — 7,5-10,2,  $\text{MnO}$  — 0,2-0,3,  $\text{CaO}$  — 8,2-12,1,  $\text{MgO}$  — 4,1-6,9,  $\text{K}_2\text{O}$  — 0,3-0,6,  $\text{Na}_2\text{O}$  — 2,3-2,6,  $\text{SO}_3$  — 0,05-0,2,  $\text{P}_2\text{O}_5$  — 0,3-0,5, п.п.п. 1,1-2,6.

Разработчики грузинских базальтов рекомендуют в качестве такого эталона базальт Марнеульского месторождения следующего химического состава (в % по массе):  $\text{SiO}_2$  — 47,5-52,5,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 14,0-18,0,  $\text{TiO}_2$  — 0,2-2,0,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  — 7-13,5,  $\text{MnO}$  — до 0,2,  $\text{CaO}$  — 8,0-11,0,  $\text{MgO}$  — 3,5-8,5,  $\text{R}_2\text{O}$  — 2,5-6,0,  $\text{SO}_3$  — до 0,2, п.п.п. до 4,0.

Эти требования нашли отражение в соответствующих нормативных документах на сырье Украины и Грузии.

В России введение ограничений на содержание оксидов в габбро-базальтовом сырье нецелесообразно из-за наличия большого количества месторождений и применения двухкомпонентных шихт, позволяющих приблизить химический состав конечного продукта (волокна) к указанным выше значениям. Химический состав контролируется путем определения модуля кислотности, нижние значения которого регламентированы ГОСТ 4640-93.

При решении вопроса о пригодности данного вида сырья для производства минерального волокна кроме химического состава следует учитывать его физико-механические свойства: прочность кусков, температуру плавления, плавкость, вязкость расплава при различной температуре, кристаллизационную способность и др.

Шихта должна содержать не более двух компонентов. Модуль кислотности должен составлять не менее 1,5-1,8 (для базальтовых однокомпонентных шихт - до 4). Температура плавления не должна превышать 1350°C, температура переработки расплава в тонкое волокно — 1320-1400°C, в супертонкое волокно — 1420-1460°C, в непрерывное волокно — 1200-1280°C.

## **РАЗМЕЩЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОГО ВОЛОКНА ИЗ ГОРНЫХ ПОРОД**

### **Горные породы габбро-базальтовой группы**

На территории Российской Федерации имеются неограниченные запасы горных пород габбро-базальтовой группы, пригодных для получения минерального волокна и изделий на его основе, технические характеристики которых соответствуют всем требованиям мировых стандартов.

Однако месторождения габбро-базальтового сырья размещены на территории страны неравномерно. Наибольшие запасы сосредоточены на севере европейской части России, на Урале, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Центральный, Северо-Западный, Центрально-Черноземный регионы и Поволжье не располагают такими месторождениями. В то же время корректирующие добавки (известняки и доломиты) имеются практически во всех регионах России. Многие месторождения находятся вблизи источников потребления сырья, что позволяет исключить затраты на его транспортировку.

В табл. 1 приведены данные о разрабатываемых и подготовленных к освоению месторождениях горных пород габбро-базальтовой группы, рекомендуемых для производства минерального волокна, по регионам России. Это дает возможность выбрать наиболее близко расположенные, а также альтернативные источники сырья для действующих и вновь организуемых производств. Для всех предприятий экономически целесообразно использовать горные породы из действующих карьеров, поскольку годовая потребность предприятий не превышает 10-20 тыс. т, что составляет не более 10-20% мощности карьеров. В некоторых случаях целесообразна кооперация нескольких потребителей из одного или соседних регионов для организации работы разведанного карьера. Это связано с тем, что самостоятельное карьерное хозяйство для одного предприятия оказывается нерентабельным и влечет за собой удорожание продукции.

**Разрабатываемые и резервные (подготовленные к освоению) месторождения горных пород габбро-базальтовой группы, рекомендованные для производства минерального волокна**  
(по состоянию на 1 января 1990 г.)

Номер породы	Регион Российской Федерации, наименование горной породы	Наименование месторождения и его расположение	Запасы по категориям А+В+С <sub>1</sub> , тыс. м <sup>3</sup>	Проектная мощность карьера
1	2	3	4	5
<b>Республика Карелия</b>				
1	Габбро-диабаз	"Голодай Гора", находится в Прионежском районе, в 3,5 км от ж.-д. ст. Деревянка	33950	До 1 млн. м <sup>3</sup> в год
2	Порфирит пироксеновый	Хавчозерское, находится в 10 км от г. Кондопога, на берегу озера Хавч	12480	200 тыс. м <sup>3</sup> в год
3	Диабаз	Западно-Кондопожское, находится в Кондопожском р-не, в 2 км от г. Кондопога	429 (А)	77 тыс. м <sup>3</sup> в год
4	Габбро-диабаз	"Роп-Ручей", находится в 100 км к югу от г. Петрозаводска, на берегу Онежского озера, в 60 км от ж.-д. ст. Деревянка	4427	Нет свед.

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
	<b>Архангельская область</b>			
5	Базальт	"Мяндуха", находится в Плесецком р-не, в 14 км от ж.-д. ст. Наволок	41820	400 тыс. м <sup>3</sup> в год
6	Базальт	Булатовское, находится в 28 км от г. Плесеца и в 5 км от ж.-д. ст. Наволок	3367	200 тыс. м <sup>3</sup> в год
	<b>Республика Коми</b>			
7	Базальт	Вежаю-Ворыквинское, находится в Княжпогостском р-не, в 150 км от г. Ухта	18298	Нет свед.
	<b>Пермская область</b>			
8	Габбро-диабаз	Ломовское, находится в 3,5 км от ж.-д. ст. Теплая Гора	38280	1 млн. м <sup>3</sup> в год
	<b>Республика Башкортостан</b>			
9	Базальт порфиритовый	Учалинское, находится в Белоцерковском р-не, в 10 км от ж.-д. ст. Учалы	14095	600 тыс. м <sup>3</sup> в год
10	Диабаз	"Горное", находится в 22 км от г. Межгорье	18381	Нет свед.

1	2	3	4	5
	<b>Республика Северная Осетия-Алания</b>			
11	Амфиболит	Джимидонское, находится в 25 км от ж.-д. ст. Алагир	3200	Нет свед.
12	Вариолит	Бугульгинское, находится в 56 км от ж.-д. ст. Алагир	345	То же
13	Габброид	Дзамарашское, находится в 55 км от ж.-д. ст. Алагир	203,6	"-
	<b>Свердловская область</b>			
14	Порфирит базальтовый	Новотуринское, находится в 30 км от г. Ивдель	18972	"-
15	Габбро-диабаз	"Гора Змеевая", находится в 7 км от ж.-д. ст. Кагралово, в районе г. Ревда	12700	"-
16	Горнблендит	Первоуральское, находится в Первоуральском р-не, в 6 км от ж.-д. ст. Хромпик, пос. Магнитка	105000	1,2 млн. м <sup>3</sup> в год
17	Габбро	Березовское, находится в 3 км от г. Березовский	2505	Нет свед.

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
18	Габбро	Баженовское, находится в г. Асбест	25135	Нет свед.
	<b>Челябинская область</b>			
19	Диорит кварцевый	Новосмолинское, находится в 10 км от г. Челябинска и в 1,6 км от ж.-д. ст. Смолино	93697	То же
	<b>Оренбургская область</b>			
20	Габбро-диабаз	Круторожинское, находится в 14 км от г. Орска и в 1,5 км от пос. Круторожино	58309	1,1 млн. м <sup>3</sup> в год
	<b>Курганская область</b>			
21	Габбро-диабаз	Синарское, находится в Катайском р-не, в 15 км от ж.-д. ст. Багарак	141838	320 тыс м <sup>3</sup> в год
	<b>Новосибирская область</b>			
22	Диабаз	Буготакское (сопки № 12 и 20), находится в Тогучинском р-не, в 1 км от пос. Горный	6882	400 тыс. м <sup>3</sup> в год
23	Диабаз	Тогучинское, находится в 6 км от ж.-д. ст. Тогучин	18669	100 тыс. м <sup>3</sup> в год

1	2	3	4	5
	<b>Кемеровская область</b>			
24	Базальт	Васильевское, находится в 3 км от пос. Барзас	36840	Нет свед.
25	Базальт	Караканское, находится в 30 км от ж.-д. ст. Белово и в 3 км от пос. Каракан	26834	Резервное
	<b>Алтайский край</b>			
26	Габбро-диорит	Малетинское, находится в 3 км от г. Малетино	13903	100 тыс м <sup>3</sup> в год
27	Порфирит	Тягунское, находится в 5 км от ж.-д. ст. Тягун	35908	Нет свед.
	<b>Красноярский край</b>			
28	Базальт долеритовый	Назаровское, находится в 7 км от г. Назарово	30316	590 тыс. м <sup>3</sup> в год
29	Диабаз	Ачинское (Аргинское), находится в 4 км от г. Ачинска и в 12 км от ст. Ачинск-1	18836	400 тыс. м <sup>3</sup> в год
30	Порфирит диабазовый	Симакинское, находится в Бототольском р-не, в 1,5 км от ст. Владимировка	3600	250 тыс. м <sup>3</sup> в год

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
31	<b>Иркутская область</b> Долерит	Усть-Нюринское, находится в 12 км от ж.-д. ст. Азей и г. Тулун	17325	510 тыс. м <sup>3</sup> в год
32	Габбро-диабаз	Турминское, находится в 2,5 км от ж.-д. ст. Турма, в 70 км от г. Братска	52997	Резервное
33	<b>Читинская область</b> Базальт	Забайкальское, находится в 3,5 км от ж.-д. ст. Забайкальск	5615	То же
34	Габбро	Песчанское, находится в Читинском р-не, в 2,5 км от ж.-д. ст. Песчанка	1123	"-"
35	<b>Республика Бурятия</b> Базальт	"Илюшкин Ключ", находится в Кижингинском р-не, в 32 км от пос. Новокижингинск и в 62 км от ж.-д. ст. Бада	2450 (B+C <sub>1</sub> )	130 тыс. м <sup>3</sup> в год
36	<b>Республика Саха (Якутия)</b> Ортоамфиболит	Тарыннахское, находится в Олекминском р-не, на левом берегу р. Токко, в 60 км к югу от пос. Торго, прилегает к трассе БАМ	332000	Нет свед.

1	2	3	4	5
37	Диабаз	Еловское, находится в Олекминском р-не, на левом берегу р. Лена, в 245 км от г. Олекминска, в 7 км от д. Еловка, прилегает к трассе БАМ	15657	400 тыс. м <sup>3</sup> в год
<b>Амурская область</b>				
38	Габбро-диабаз	Татаканское, находится в Архаринском р-не, в 4 км от ж.-д. ст. Татакан	1223	180 тыс. м <sup>3</sup> в год
<b>Хабаровский край</b>				
39	Андезитобазаальт	Хаджинское, находится в 14 км от г. Советская Гавань	6220	Нет свед.
40	Базальт	Солнечное, находится в 20 км от г. Комсомольск-на-Амуре и в 3 км от пос. Солнечный	Нет свед.	То же
41	Базальт	Марусинское, находится на 59-м км шоссе Хабаровск-Находка	390 (B + C <sub>1</sub> )	Карьер строится
42	Базальт	Члянское, находится на окраине пос. Чля Николаевского р-на	472 (B + C <sub>1</sub> )	Резервное

1	2	3	4	5
43	<b>Приморский край</b> Базальт	Свягинское, находится в Сласском р-не, в 4 км от ж.-д. ст. Свягино	15770	200 тыс. м <sup>3</sup> в год
44	Метабазальт	Дорожное, находится в 14 км от г. Спасска-Дальнего и в 0,5 км от шоссе Хабаровск-Владивосток	4766	Резервное
45	Габбро-норит меланократовый	"Малые Ключи", находится южнее пос. Малые Ключи	Нет свед.	Нет свед.
46	<b>Сахалинская область</b> Габбро-долерит	Угледарское, находится в 24 км от г. Макаров	49521	125 тыс. м <sup>3</sup> в год
47	Базальт	Усковское, находится в 1 км от ж.-д. ст. Усково	622	75 тыс. м <sup>3</sup> в год
48	Амфиболит	Соколовское, находится в Долинском р-не, в 5 км от пос. Сокол	3000	Нет свед.
49	<b>Красноярский край</b> Базальт-долерит	Кайерканское, находится в Дундинском р-не, в 18 км от г. Ноурильска	17971	800 тыс. м <sup>3</sup> в год

1	2	3	4	5
	<b>Республика Саха (Якутия)</b>			
50	Диабаз	"Диабазовое", находится в 7 км от г. Мирный	8560 ( $C_1$ )	125 тыс. м <sup>3</sup> в год
51	Диабаз	Среднеалдынское, находится в 14 км от пос. Полярный	22698	Нет свед.
	<b>Магаданская область</b>			
52	Базальт	"Наледное", находится в Ха-сынском р-не, в 4 км от пос. Стекольный	3107 ( $B + C_1$ )	120 тыс. м <sup>3</sup> в год
53	Габбро	Притрассовое (шток "Малютка"), находится в 3 км от пос. Хасын	2062 ( $B + C_1$ )	Нет свед.
54	Габбро-диабаз	"Сухое", находится в Билибинском р-не, в 0,5 км от автотороги Билибино-Встречный	6463	То же
	<b>Камчатская область</b>			
55	Диабаз	"Сопка Петровская", находится в г. Петропавловск-Камчатский	7200	340 тыс. м <sup>3</sup> в год

В табл. 2 представлен химический состав горных пород габбро-базальтовой группы.

Химический состав многих горных пород габбро-базальтовой группы, приведенных в табл. 2, аналогичен химическому составу эталонного базальта или может быть скорректирован добавкой карбонатных пород (известняка или доломита) до максимального приближения к эталону. В то же время следует отметить, что некоторые породы, в частности Васильевский базальт (Кемеровская обл.), характеризуются более широким температурным интервалом переработки и могут быть использованы гораздо шире, чем эталонное сырье (например, для получения каменного литья). Дальнейшие исследования будут направлены на выявление возможности использования горных пород габбро-базальтовой группы для изготовления непрерывных волокон, нитей, тканей, каменного литья и др.

Физико-механические показатели горных пород габбро-базальтовой группы изменяются в следующих пределах:

Плотность, кг/м <sup>3</sup> .....	От 2650-2900 до 3000-3150
Насыпная плотность (фракция 20-100 мм), кг/м <sup>3</sup> .....	1350-1500
Плотность породы в куске, кг/м <sup>3</sup> .....	От 2800 до 3200
Пористость, % .....	0,3-1,7
Водопоглощение, % .....	0,1-1,2 (редко 1,5)
Прочность при сжатии, МПа .....	180-250
Марка по дробимости .....	1000-1400 (редко 800)

Эти показатели свидетельствуют о том, что породы достаточно плотные, прочные и не требуют сушки перед загрузкой в печь.

Номер породы (см. табл. 1)	Наименование горной породы	Содержание оксидов, % по массе													
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1	Габбро-диабаз	53,10	12,62	2,80	7,50	7,76	-	7,49	2,46	0,85	1,90	1,35	2,15		
2	Порфирит пироксеновый	51,64	13,34	1,37	11,37		0,15	9,72	7,38	0,25	0,66	1,90	2,22		
3	Диабаз	49,67	14,00	-	13,40		-	10,00	8,53	-	0,36	1,87	2,17		
4	Габбро-диабаз	51,76	14,55	2,00	14,94		-	7,51	3,08	-	-	4,68	1,48		
5	Базальт	50,18	14,11	0,94	1,92	11,04	0,16	9,83	7,67	0,57	0,52	1,36	1,70		
6	Базальт	47,24	11,41	0,30	12,01		0,15	9,80	15,90	-	0,41	1,23	1,55		
7	Базальт	51,14	15,83	1,55	3,80	7,31	-	10,63	6,22	0,96	0,41	1,61	0,54		
8	Габбро-диабаз	50,67	13,09	0,46	3,17	11,05	0,74	9,41	7,45	0,39	0,21	1,49	1,87		
9	Базальт порфиритовый	52,76	15,06	0,29	11,66	-	-	9,23	5,68	0,07	0,58	0,28	4,39		
10	Диабаз	48,66	13,49	1,59	4,06	9,50	0,20	8,22	6,65	0,03	0,35	2,97	4,28		
11	Амфиболит	49,88	15,18	2,03	3,18	9,48	0,22	7,26	4,79	0,27	1,38	3,00	3,33		
12	Вариолит	50,07	14,97	1,48	2,28	8,89	0,14	7,60	7,54	0,18	0,47	2,57	3,61		

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
13	Габброид	47,98	15,97	2,10	1,25	8,60	0,20	8,23	7,10	0,05	1,09	3,60	3,83
14	Порфирит ба- зальтовый	47,59	14,48	1,23	6,28	6,18	0,23	9,26	7,09	0,20	2,10	2,20	3,16
15	Габбро-диабаз	47,10	19,35	0,92	3,97	7,16	-	11,43	4,85	-	0,12	3,08	2,02
16	Горнblendит	38,77	16,13	0,23	9,24	7,34	0,89	10,52	12,96	0,38	0,30	1,43	1,81
17	Габбро	47,44	16,56	0,35	1,55	4,95	0,10	12,10	11,50	0,40	0,15	1,50	3,30
18	Габбро	46,80	16,96	-	5,50	8,08	-	10,01	6,34	-	0,61	2,98	2,72
19	Диорит квар- цевый	56,61	15,82	1,18	3,52	5,09	-	6,75	6,38	0,38	1,84	1,02	1,33
20	Габбро-диабаз	47,12	14,73	2,34	16,01	0,22	0,22	6,18	6,62	0,25	0,34	3,61	2,58
21	Габбро-диабаз	47,21	14,09	1,03	6,49	8,65	0,26	10,56	6,12	0,60	1,10	2,40	1,49
22	Диабаз	46,26	15,16	-	7,60	4,32	-	17,92	4,02	0,29	0,21	1,44	2,78
23	Диабаз	48,65	14,29	1,39	11,97	6,77	-	6,40	2,97	0,06	1,30	3,80	2,40
24	Базальт	50,61	19,24	1,35	4,58	2,66	0,15	8,75	5,81	-	-	3,52	3,33
25	Базальт	48,88	16,48	1,91	5,68	6,90	0,25	9,94	3,41	0,02	0,86	3,79	1,88
26	Габбро-диорит	45,21	18,98	1,61	6,98	5,57	0,17	11,08	3,91	0,30	1,09	2,09	2,91

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
27	Порфирит	49,68	16,18	1,29	14,07		0,30	6,04	4,94	0,30	0,65	4,09	2,45
28	Базальт доле- ритовый	50,18	16,83	0,96	3,43	5,83	-	9,62	7,79	0,72	0,88	1,76	2,00
29	Диабаз	46,04	14,60	-	6,28	6,10	0,19	17,80	4,59	1,20	0,20	1,07	1,93
30	Порфирит диабазовый	46,22	12,70	1,78	5,80	5,28	-	19,80	3,89	0,25	1,38	0,90	2,00
31	Долерит	50,68	16,65	2,46	4,77	6,87	0,25	9,37	4,63	0,29	0,81	2,32	0,91
32	Габбро-диабаз	49,01	13,43	2,39	7,21	10,38	0,24	8,83	3,91	0,13	1,00	1,52	1,95
33	Базальт	49,65	14,50	1,87	5,96	7,72	0,27	9,60	4,68	0,45	0,97	2,13	2,20
34	Габбро	58,52	16,90	0,48	3,22	2,54	0,05	4,51	3,95	0,19	3,14	4,80	0,90
35	Базальт	47,98	16,04	1,93	10,60		0,13	7,69	4,82	-	2,69	4,03	4,09
36	Ортоамфибо- лит	49,40	12,35	0,49	5,90	5,22	0,20	11,43	11,96	0,53	0,42	0,45	1,33
37	Диабаз	54,23	16,07	-	4,59	5,35	0,22	8,86	3,94	0,76	1,54	3,39	1,05
38	Габбро-диабаз	53,61	15,91	1,81	9,50		0,11	6,65	4,92	0,25	1,47	3,46	2,31
39	Андезито- базальт	55,08	16,56	1,11	11,20		-	7,05	4,71	0,25	1,07	1,70	1,27
40	Базальт	47,76	15,45	2,04	4,12	7,02	0,12	7,75	8,50	0,30	-	3,06	3,88

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
41	Базальт	52,20	15,52	2,19	4,23	7,03	0,12	7,09	5,77	0,75	3,31	1,27	0,52
42	Базальт	51,90	17,99	1,25	4,61	4,19	0,13	8,01	4,89	-	1,39	3,71	1,93
43	Базальт	41,78	13,50	2,02	7,55	6,59	-	10,32	12,94	0,52	1,82	1,36	1,60
44	Метабазальт	46,57	15,35	1,00	9,04	4,13	-	12,15	6,46	0,20	0,09	2,00	3,00
45	Габбро-норит меланократовый	47,66	13,52	0,37		9,21	-	11,68	12,20	0,24	0,21	1,79	3,12
46	Габбро-долерит						Нет свед.						
47	Базальт	49,60	14,78	1,92	5,20	5,92	0,20	10,48	5,92	0,60	1,87	1,55	1,96
48	Амфиболит	46,48	15,00	1,32		11,97	0,10	10,76	8,05	-	0,11	3,26	2,92
49	Базальт- долерит	48,64	14,82	1,40	4,00	6,81	0,32	11,56	6,50	0,70	0,33	1,90	3,02
50	Диабаз	48,69	19,26	2,88		9,51	-	10,15	6,05	0,24	0,70	1,80	0,72
51	Диабаз						Нет свед.						
52	Базальт	53,51	16,58	1,38	7,20	2,50	-	5,47	4,00	1,54	1,77	3,10	2,95
53	Габбро	48,64	17,31	1,35	2,35	7,67	0,20	8,56	7,12	0,10	0,88	2,99	2,83
54	Габбро-диабаз						Нет свед.						
55	Диабаз	55,82	14,32	0,71		7,76	0,11	7,40	7,61	0,25	0,66	2,46	2,88

## Осадочные горные породы

Осадочные горные породы условно подразделяются на три группы: I - обломочные, II - химические осадки и III - органогенные. Для производства минерального волокна применяют осадочные породы II группы, преимущественно карбонатные породы (известняки, доломиты и их разновидности), содержащие в основном минералы кальцит и доломит.

Известняк и доломит являются местными материалами, так как имеются практически во всех регионах России. Они характеризуются меньшей массой и прочностью в сравнении с магматическими горными породами (в том числе габбро-базальтовой группы), легче поддаются обработке, более разнообразны по свойствам, что обуславливает их широкое применение в строительстве. Эти породы используются при получении вяжущих веществ (воздушной и гидравлической извести, портландцемента и др.), в стекольном производстве, при изготовлении теплоизоляционных материалов и огнеупоров. В металлургии известняк и доломит применяют в качестве флюса (плавильной присадки). Практически в этом же качестве их используют в производстве минерального волокна при плавлении горных пород габбро-базальтовой группы.

В табл. 3 приведены данные о некоторых месторождениях карбонатных пород, а в табл. 4 - химический состав этих пород.

При выборе месторождений основным критерием была обеспеченность запасами сырья и мощностью щебеночно-дробильных предприятий на длительный период. Для достижения требуемых параметров плавления сырья и получения высококачественного минерального волокна в качестве корректирующей плавильной добавки наиболее предпочтительны доломиты или доломитизированные известняки, обогащающие расплав (а также волокно) соединениями магния. Установлено, что водостойкость и температуростойкость минерального волокна повышаются при соотношении  $\text{CaO} : \text{MgO} = 1,4 : 3$

Таблица 3

**Месторождения карбонатных пород, пригодных для применения в качестве компонента шихты при производстве минерального волокна**  
(по состоянию на 1 января 1990 г.)

Номер породы	Регион Российской Федерации, наименование горной породы	Наименование месторождения и его расположение	Запасы по категориям А+В+С <sub>1</sub> , тыс. м <sup>3</sup>	Проектная мощность карьера
1	2	3	4	5
1	<b>Архангельская область</b> Известняк	Орлецкое, находится в Холмогорском районе	9272	550 тыс. м <sup>3</sup> в год
2	<b>Ленинградская область</b> Доломит	Роговицкое, находится в 4 км от ж.-д. ст. Кикерино	8886	430 тыс. м <sup>3</sup> в год
3	<b>Республика Коми</b> Доломит	Чинья-Ворыкское, находится в 3 км от ж.-д. ст. Чинья-Ворык	50320	150 тыс. м <sup>3</sup> в год
4	Известняк	Бельгопское, находится в 4 км от г. Ухта	16359	576 тыс. м <sup>3</sup> в год
5	Известняк	Юнъячинское, находится в 12 км от г. Воркула	26682	250 тыс. м <sup>3</sup> в год

1	2	3	4	5
	<b>Тверская область</b>			
6	Доломит	"Осуга", находится в Ржевском р-не	5891	70 тыс. м <sup>3</sup> в год
7	Известняк	Баталинское, находится в 4 км от ж.-д. ст. Баталино	10218	150 тыс. м <sup>3</sup> в год
	<b>Московская область</b>			
8	Доломит	Щелковское, находится в Щелковском р-не	Нет свед.	300 тыс. м <sup>3</sup> в год
	<b>Владимирская область</b>			
9	Доломит	Ковровское (Мелехово-Федотовский участок), находится в 4 км от г. Ковров	169793	3150 тыс. м <sup>3</sup> в год
10	Известняк	Храповицкое (Ковалевское), находится в 15 км от ж.-д. ст. Храповицкая	38981	854 тыс. м <sup>3</sup> в год
11	Известняк доломитизированный	То же	Нет свед.	Нет свед.
	<b>Тульская область</b>			
12	Известняк доломитизированный	Турдейское, находится в Воловском р-не, в 6 км от ж.-д. ст. Турдей	6567	500 тыс. м <sup>3</sup> в год

1	2	3	4	5
13	Известняк	Урусовское, находится в 20 км от г. Венева и в 80 км от г. Тула	20216	Нет свед.
14	Известняк	Гуровское, находится в Александринском р-не, в 5 км от ж.-д. ст. Суходол и в 35 км от г. Тула	41624	1 млн. м <sup>3</sup> в год
15	Известняк доломитизированный	Суровское 1, находится в Ефремовском р-не, в 6 км от г. Ефремов	40470	Нет свед.
<b>Нижегородская область</b>				
16	Доломит	Гремячевское, находится в Кулебакском р-не, в 18 км от ж.-д. ст. Мухтарово	128389	2596 тыс. м <sup>3</sup> в год
17	Известняк доломитизированный	Леметское, находится в Ардатовском р-не, в 4 км от г. Ардатово	54052	Резервное
<b>Пензенская область</b>				
18	Известняк доломитизированный	Иссинское, находится в 12 км от ж.-д. ст. Булычево	101817	300 тыс. м <sup>3</sup> в год
<b>Республика Татарстан</b>				
19	Известняк	Альдермышское, находится в 35 км от г. Казани	5271	100 тыс. м <sup>3</sup> в год

1	2	3	4	5
	<b>Саратовская область</b>			
20	Доломит	Иргизское, находится в 6 км от ж.-д. ст. Иргиз	66936	700 тыс. м <sup>3</sup> в год
21	Доломит	Иргизское-II, находится в 16 км от г. Пугачев	22301	900 тыс. м <sup>3</sup> в год
22	Доломит	Ершовское, находится в 3 км от ж.-д. ст. Чапаевка	12718	200 тыс. м <sup>3</sup> в год
	<b>Волгоградская область</b>			
23	Доломит	Липкинское, находится в 11 км от ж.-д. ст. Липки и в 20 км от г. Фролово	81926	330 тыс. м <sup>3</sup> в год
	<b>Республика Башкортостан</b>			
24	Известняк	Александровское, находится в 110 км от г. Уфа, в 2 км от д. Александровка	61226	150 тыс. м <sup>3</sup> в год
25	Известняк	Худалазское, находится в Баймакомском р-не, в 8 км от г. Сибай	35472	200 тыс. м <sup>3</sup> в год
	<b>Пермская область</b>			
26	Известняк	Луньевское, находится в Александровском р-не, рядом с ж.-д. ст. Луньевка	22611	225 тыс. м <sup>3</sup> в год

1	2	3	4	5
27	Известняк <b>Челябинская область</b>	Губакинское, находится в 4 км от ж.-д. ст. Губаха	17584	200 тыс. м <sup>3</sup> в год
28	Известняк	Федоровское, находится в 1,5 км от ж.-д. ст. Баландино	1871	173 тыс. м <sup>3</sup> в год
29	Известняк	Ново-Пристанское, находится в Саткинском р-не, в 5 км от ж.-д. ст. Сулея	1160	60 тыс. м <sup>3</sup> в год
30	Доломит	Берцовское, находится в 6 км от ж.-д. ст. Сатка	173957	8757 и 1437 тыс. м <sup>3</sup> в год
31	<b>Новосибирская область</b>	Шипуновское, находится в 4 км от ж.-д. ст. Ложок	25137	450 тыс. м <sup>3</sup> в год
32	<b>Кемеровская область</b>	Карагайлинское, находится в Прокопьевском р-не, в 3 км от ж.-д. ст. Трудармейская	4728	186 тыс. м <sup>3</sup> в год
33	Известняк	Беловское, находится в 6 км от ж.-д. ст. Бачаты, в 15 км от г. Белово	14265	516 тыс. м <sup>3</sup> в год

1	2	3	4	5
34	Известняк	Мозжухинское, находится в 15 км от г. Кемерово, на левом берегу р. Томь	12515	216 тыс. м <sup>3</sup> в год
35	<b>Красноярский край</b> Доломит	Сотниковское, находится в 14 км от г. Канска	7366	92 тыс. м <sup>3</sup> в год
36	Известняк	Торгашинское, находится близ г. Красноярска, на правом берегу р. Енисей	99474	Нет свед.
37	<b>Республика Бурятия</b> Доломит	Зун-Шибирское, находится в Кижингинском р-не, в 12 км от г. Новокижингинска	849052 (B + C <sub>1</sub> )	130 тыс. м <sup>3</sup> в год
38	Известняк	Билютинское, находится в 22 км от ж.-д. ст. Илька и в 80 км от г. Улан-Удэ	114961	Нет свед.
39	<b>Иркутская область</b> Доломит	Слюдянское, находится в 7 км от ж.-д. ст. Слюдянка	45394	400 тыс. м <sup>3</sup> в год
40	Доломит	Макарьевское, находится в 18 км от г. Черемхово и в 1 км от ж.-д. ст. Макарьево	5046	150 тыс. м <sup>3</sup> в год

1	2	3	4	5
	<b>Республика Саха (Якутия)</b>			
41	Известняк	Платоновское, находится в 3 км от пос. Верхний Бестях	16443	100 тыс. м <sup>3</sup> в год
42	Известняк	Бестяхское, находится в 100 км от г. Якутска	3623	100 тыс. м <sup>3</sup> в год
	<b>Хабаровский край</b>			
43	Известняк	Лондоковское, находится в Облучинском р-не, в 1 км от ж.-д. ст. Лондоково	2796	200 тыс. м <sup>3</sup> в год
	<b>Приморский край</b>			
44	Известняк	Длинногорское, находится в 16 км от г. Спасска	3226	Нет свед.
45	Известняк	Кузнецовское, находится в 1 км от ж.-д. ст. Борец Кузнецов	828	120 тыс. м <sup>3</sup> в год
	<b>Сахалинская область</b>			
46	Известняк	Гомонское, находится в Смирныховском р-не, в 50 км от ж.-д. ст. Победино	26040	200 тыс. м <sup>3</sup> в год

Таблица 4

Номер породы (см. табл. 3)	Наименование горной породы	Содержание оксидов, % по массе										
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Известняк	2,43	1,21	-	0,50	49,27	3,26	0,30	0,20	0,82	42,01	
2	Доломит	4,70	1,14	0,14	0,76	28,78	20,11	-	-	-	44,37	
3	Доломит	0,34	0,13	-	0,15	30,87	21,15	0,67	0,04	0,22	46,43	
4	Известняк	1,55	0,85	0,18	0,39	52,00	0,90	0,25	0,14	0,15	43,41	
5	Известняк	0,64	0,37	0,47	0,99	53,09	0,60	0,20	0,11	0,24	43,59	
6	Доломит	0,54	0,65	-	0,53	33,67	19,29	0,43	-	-	44,84	
7	Известняк	1,70	1,31	-	0,10	50,35	1,08	0,10	0,10	0,15	45,09	
8	Доломит	1,72	1,74	0,10	0,27	30,41	20,42	0,10	-	0,34	45,00	
9	Доломит	3,11	1,03	-	0,76	31,55	18,34	0,03	-	-	43,94	
10	Известняк	1,57	0,34	-	0,15	52,88	1,65	0,22	-	-	43,19	
11	Известняк доломитизированный	3,89	0,95	-	0,38	34,42	15,83	0,16	0,10	-	44,27	
12	Известняк доломитизированный	4,23	4,56	-	1,33	35,17	10,42	-	-	-	44,29	
13	Известняк	1,53	0,37	-	0,37	54,16	0,48	0,20	-	0,37	42,52	
14	Известняк	6,16	-	-	0,32	51,93	0,62	0,22	0,21	-	40,54	

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15	Известняк доломитизированный	6,50	1,73	-	1,02	29,40	16,70	0,57	-	-	44,08
16	Доломит	2,65	1,06	-	0,90	33,61	16,54	0,07	-	-	44,97
17	Известняк доломитизированный	2,17	0,62	-	1,39	34,92	14,69	0,35	-	-	45,48
18	Известняк доломитизированный	2,86	0,37	-	0,47	45,63	7,06	0,34	0,12	0,10	43,05
19	Известняк	5,09	1,55	-	1,60	44,75	5,80	0,31	-	-	40,90
20	Доломит	1,97	0,67	-	0,58	30,33	20,24	0,55	0,22	-	45,50
21	Доломит	1,97	0,67	-	0,58	30,33	20,24	0,55	0,22	-	45,50
22	Доломит	1,66	0,26	-	0,46	30,02	20,81	0,48	0,12	-	46,19
23	Доломит	3,30	2,55	-	1,50	35,73	13,28	0,20	0,24	-	43,20
24	Известняк	1,45	1,80	-	1,95	47,50	3,30	0,10	0,37	0,63	42,90
25	Известняк	2,70	-	-	-	52,10	0,65	-	-	-	44,55
26	Известняк	1,95	0,19	0,13	0,78	51,50	2,84	0,54	0,37	0,17	41,53
27	Известняк	0,75	0,02	-	-	55,36	0,62	-	-	-	43,25
28	Известняк	8,66	0,38	-	0,55	43,30	5,49	0,88	-	0,16	40,58
29	Известняк	1,25	1,15	-	-	54,75	2,30	0,46	-	-	40,09

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
30	Доломит	1,47	1,67	-	3,81	35,19	19,10	0,12	0,42	0,38	37,84
31	Известняк	2,40	0,50	0,30	-	52,80	1,10	-	-	-	42,90
32	Известняк	3,37	1,50	-	0,91	46,86	1,42	0,48	0,10	-	45,36
33	Известняк	11,0	1,20	0,10	1,06	46,00	0,84	-	-	-	39,80
34	Известняк	0,90	0,36	-	0,23	54,65	0,55	-	-	0,11	43,20
35	Доломит	10,1	1,32	-	2,07	25,33	19,14	-	-	-	41,04
36	Известняк	2,36	0,49	-	0,31	52,86	1,08	-	-	-	42,90
37	Доломит	3,17	1,35	0,02	0,46	30,90	17,84	-	0,24	0,17	45,85
38	Известняк	3,70	1,00	-	-	53,60	0,91	0,03	-	-	40,76
39	Доломит	3,23	0,32	-	0,61	39,87	12,53	0,15	0,35	0,46	42,48
40	Доломит	2,61	1,78	-	0,44	30,80	17,99	0,25	0,19	-	45,94
41	Известняк	2,76	0,74	0,04	0,53	51,41	0,23	-	-	-	44,29
42	Известняк	4,48	0,95	-	0,51	51,23	0,43	-	-	-	42,42
43	Известняк	1,37	0,78	0,02	0,17	51,75	1,66	0,10	0,56	0,35	43,24
44	Известняк	1,63	1,05	-	0,48	48,23	3,67	0,67	0,29	0,40	43,58
45	Известняк	3,02	1,58	-	0,82	51,25	1,38	0,78	0,27	0,10	40,80
46	Известняк	0,71	0,26	0,02	0,23	55,09	0,41	0,06	0,03	0,05	43,14

(такое соотношение в шихте обеспечивается при применении доломита вместо известняка) и модуле кислотности 1,7-2,3. При этом водостойкость (рН) минерального волокна составляет 2,2-3,5 (вместо обычного показателя 5-7), а температуростойкость - не ниже 800°C (вместо 600-700°C).

Исследование химического состава известняков, доломитов и доломитизированных известняков показало, что они содержат оксиды железа, кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ) и глинозем ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Наличие этих соединений, а также значительные потери при прокаливании (от 40 до 46% по массе) могут несколько затруднить процесс плавления сырья, поэтому на практике корректирующую карбонатную добавку вводят в количестве 10-20% во избежание излишних затрат тепла в процессе декарбонизации (удаления  $\text{CO}_2$  из известняка или доломита).

В табл. 3 и 4 не включены данные о некоторых крупных карьерах, действующих в Ленинградской, Новгородской, Тверской, Самарской, Саратовской, Волгоградской, Свердловской, Иркутской областях и Красноярском крае.

Физико-механические показатели осадочных (карбонатных) горных пород изменяются в следующих пределах:

Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$ .....	2200-2600
Насыпная плотность (фракция 0-40 мм), $\text{кг}/\text{м}^3$ .....	1150-1300
Плотность породы в куске, $\text{кг}/\text{м}^3$ .....	2400-2700
Прочность при сжатии, МПа .....	40-164
Марка по дробимости .....	400-800
	(редко 1000)

Приведенные данные показывают, что осадочные породы отличаются меньшими плотностью и прочностью, чем габбро-базальтовые. Они должны подвергаться сушке или храниться в сухих крытых складах перед загрузкой в плавильную печь.

## ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРНЫХ ПОРОД ГАББРО-БАЗАЛЬТОВОЙ ГРУППЫ

**Месторождение габбро-диабазы «Голодай Гора»** расположено в 35 км от г. Петрозаводска. Карьер и дробильно-сортировочный завод мощностью 1580 тыс. м<sup>3</sup> щебня и 200 тыс. м<sup>3</sup> габбро-диабазового песка введены в эксплуатацию в 1974 г. Запасы габбро-диабазы утверждены в следующих категориях: А - 8237, В - 8318, С<sub>1</sub> - 16682, С<sub>2</sub> - 21369 тыс. м<sup>3</sup>.

Химический состав габбро-диабазы приведен в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Оксиды	Содержание оксидов, % по массе		
	Данные геологической разведки	Средний состав по месторождению	Пробы технологических испытаний на каменном литье
SiO <sub>2</sub>	49,14-57,15	51,76	49,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub>	15,43-20,01	17,55	14,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	12,88-17,73	14,94	16,95
CaO	5,32-8,79	7,51	9,3
MgO	1,6-4,81	3,08	6,51
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	4,04-6,0	4,68	3,11

Колебания в содержании оксидов кремния и алюминия объясняются некоторыми различиями в минералогическом составе пород. В пробах с повышенным содержанием этих оксидов под микроскопом наблюдаются сростки кварца, что может оказывать отрицательное влияние на процесс волокнообразования и непрерывность вытягиваемых нитей. При отсутствии кварца содержание SiO<sub>2</sub> не превышает 51%.

Габбро-диабазы, как сырье для производства минерального волокна, испытывали в шихтах, содержащих доменный шлак завода «Азовсталь» (ВНИИТеплоизоляция) и доломит Ленинградской области (ВНИПИТеплопроект). Данные о температуре плавления шихт и вязкости расплава приведены в табл. 6.

Таблица 6

Состав шихты	M <sub>кк</sub>	Температура плавления, °С	Вязкость расплава, дПа·с, при температуре					
			1400°С	1350°С	1300°С	1250°С	1200°С	
Габбро-диабаз (100%)	6,54	1250	36	60	>120	-	-	
Габро-диабаз (20%), шлак (80%)	1,41	1240	7	12,5	19	32	>120	
Габбро-диабаз (50%), шлак (50%)	1,91	1230	10	17	28	46	93	
Габбро-диабаз (100%)	6,6	1250	34	68	149	1000	-	
Габбро-диабаз (80%), доломит (20%)	2,6	1240	28	52	144	270	>1000	
Габбро-диабаз (85%), доломит (15%)	3,2	1250	32	62	174	350	>1000	
Габбро-диабаз (68%), доломит (32%)	2,0	1240	6	10	16	28	70	

Для производства шлаковой ваты рекомендована добавка габбро-диабазы в количестве 20-50%. Высококачественное минеральное волокно может быть получено при использовании 80-90% габбро-диабазы и 10-20% доломита.

**Хавчозерское месторождение пироксеновых порфиритов** находится в 10 км от г. Кондопога. Выявлено и разведано в 1969-1972 г. в качестве источника сырья для камнелитейного производства на Кондопожском пегматитовом заводе. В 1975 г. проведены дополнительные работы с целью определения возможности применения порфирита для получения минеральной ваты, супертонкого и непрерывного волокна. Испытания проводили в Вильнюсе (ВНИИТеплоизоляция), Москве (ВНИПИТеплопроект) и Киеве (НИЛБВ ИПМ АН Украины). Установлено, что порфирит данного месторождения может быть успешно использован не только в камнелитейном производстве, но и для получения высококачественной минеральной ваты, а также штапельного супертонкого и непрерывного минерального волокна.

Химический состав порфирита приведен в табл. 7, а данные о температуре плавления и вязкости шихты на основе порфирита - в табл. 8.

В качестве карбонатных добавок были использованы карельские доломитизированные известняки и смоленский известняк. Запасы порфиритов для камнелитейного производства втрое превы-

Т а б л и ц а 7

Оксиды	Содержание оксидов, % по массе		
	Средний состав по месторождению	Данные геологической разведки	Данные ВНИИТеплоизоляции
SiO <sub>2</sub>	51,08	48,14-52,9	50,71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub>	14,88	12,37-14,94	15,5
FeO	9,68	8,03-9,46	11,78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,28	-	
MgO	7,2	6,18-8,06	7,5
CaO	9,47	8,12-10,37	10,45
Na <sub>2</sub> O	2,15	1,8-2,34	2,1
K <sub>2</sub> O	0,98	0,6-0,99	0,67
п.п.п.	2,28	1,5-2,3	2,1

Таблица 8

Состав шихты	M <sub>k</sub>	Температура плавления, °С	Вязкость расплава, дПа·с, при температуре				
			1400°С	1350°С	1300°С	1250°С	1200°С
Порфирит (65%), доломитизированный известняк (35%)	1,51	1240	4,5	8	11	20	43
Порфирит (77%), доломитизированный известняк (23%)	2,07	1220	8,5	12,5	22	78	>120
Порфирит (81%), известняк (19%)	2,03	1240	12	18	33	63	>120
Порфирит (100%)	3,69	1180	47	76	>120	-	-

шают потребность цеха каменного литья (90 тыс. т литья в год); согласно расчетам, их хватит на 94 года. Надежным резервом для производства волокна являются запасы категории С<sub>2</sub>, которые утверждены в объеме 21369 тыс. т.

**Западно-Кондопожское месторождение диабаза** расположено в 2 км от г. Кондопога. Карьер по добыче диабаза производительностью 77 тыс. м<sup>3</sup> в год является цехом Кондопожского пегматитового завода.

Химический состав диабаза приведен в табл. 9.

Диабаз исследовали в составе шихт с добавкой карельских доломитизированных известняков и ленинградского доломита. Температура плавления шихт и вязкость расплавов указаны в табл. 10.

**Месторождение габбро-диабаза «Роп-Ручей»** находится в 100 км к югу от г. Петрозаводска. Разработка месторождения ведется с 1924 г. для получения блочного камня, облицовочных плит, брусчатки для дорожных покрытий, а также для производства минеральной ваты (резервное с 1975 г.).

Лабораторные исследования и испытания в заводских условиях габбро-диабаза, как сырья для получения минерального волокна, проводились ВНИПИТеплопроект и ВНИИТеплоизоляция.

Таблица 9

Оксиды	Содержание оксидов, % по массе		
	Данные геологической разведки	Средний состав по месторождению	Данные ВНИИТеплоизоляции
SiO <sub>2</sub>	47,09-50,98	46,29-49,41	47,49-49,67
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub>	14,54-16,86	15,46-15,77	14,04-15,49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	15,77-18,72	13,96-17,04	13,4-13,93
CaO	3,5-8,59	5,64-9,02	9,35-10,11
MgO	5,47-7,15	6,14-9,9	8,53-9,14
Na <sub>2</sub> O	Нет свед.	1,98	1,33-1,87
K <sub>2</sub> O	То же	0,35	0,36-0,39
п.п.п.	3,46-4,37	3,26-3,93	2,17-3,5

В пределах месторождения габбро-диабаз весьма выдержан по химическому и минералогическому составу, текстуре и структуре. Физико-механические свойства габбро-диабазы постоянны. Плотность породы 3,01-3,08 г/см<sup>3</sup>, водопоглощение менее 0,1%, предел прочности при сжатии 230-290 МПа, морозостойкость не менее 100 циклов, коэффициент размягчения более 0,83.

Данная порода в смеси с доломитом обеспечивает получение минерального волокна высокого качества, а в смеси с доменным шлаком - высококачественной минеральной ваты.

Кроме запасов, утвержденных в количестве 4427 тыс. м<sup>3</sup>, за контуром карьера подсчитаны запасы габбро-диабазы по категории А+В+С<sub>1</sub> в количестве 8783 тыс. м<sup>3</sup>, а по категории С<sub>2</sub> - 17324 тыс. м<sup>3</sup>.

**Месторождение базальтов «Мяндуха»** расположено в Плесецком районе Архангельской области. Месторождение частично разрабатывается с 1994 г., хотя ранее было запланировано строительство крупного дробильно-сортировочного предприятия, оснащенного оборудованием мощностью 1200 тыс. м<sup>3</sup> в год в системе АО «Архангельскстройматериалы».

Плотность базальтов 2880-2950 кг/м<sup>3</sup>, водопоглощение 0,01-0,9%, предел прочности при сжатии 200 МПа, насыпная плотность (фракция 30-60 мм) 1600 кг/м<sup>3</sup>.

Химический состав базальта представлен в табл. 11.

Таблица 10

Состав шихты	M <sub>к</sub>	Температура плавления, °С	Вязкость расплава, дПа·с, при температуре				
			1400°С	1350°С	1300°С	1250°С	1200°С
Диабаз (100%)	3,36	1200	33	55	103	>120	-
Диабаз (75%), доломитизированный известняка (25%)	2,20	1240	7,5	13	22	42	77
Диабаз (82%), доломитизированный известняка (18%)	2,50	1225	8	15	25	51	78
Диабаз (67%), доломит (33%)	1,69	1240	5	7,5	12	24	113
Диабаз (80%), доломит (20%)	2,6	1230	10	12	18	27	45

Таблица 11

Оксиды	Содержание оксидов, % по массе	
	Средний состав по месторождению	Данные ВНИИТеплопроекта
SiO <sub>2</sub>	50,41	51,78-52,74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,42	12,49-12,72
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,29	3,38-3,44
FeO	8,08	9,89-10,07
CaO	8,83	9,94-10,12
MgO	12,37	7,92-8,07
Na <sub>2</sub> O	1,65	1,09-1,41
K <sub>2</sub> O	0,51	0,36-0,37

Лабораторные исследования и полупромышленные испытания базальта проводили во ВНИПИТеплопроект. Температура начала плавления 1140-1160°С, текучести 1270-1280°С, жидкотекучего состояния 1350°С. В ходе испытаний шихты с добавкой известняка и доломита в количестве 10-25% было получено высококачественное минеральное волокно с модулем кислотности 1,7-2,3.

**Булатовское месторождение базальта** находится в 28 км от г. Плесеца Архангельской области. Промышленное освоение месторождения начато в 1973 г. О химическом составе базальта можно судить по данным табл. 12.

Плотность базальта 2960-3100 кг/м<sup>3</sup>, водопоглощение 0,5%, предел прочности при сжатии 240 МПа.

**Вежаю-Ворыквинское месторождение базальта** расположено в 150 км от г. Ухта (Республика Коми). Базальт вскрыши месторождения бокситов разведан в качестве сырья для производства строительного щебня. Технологические испытания на пригодность базальта для производства минерального волокна проведены во ВНИПИТеплопроект и Беличском НПО «Теплзвукоизоляция» (Киевская обл.).

На опытных установках были получены штапельные и непрерывные базальтовые волокна, по качеству не отличающиеся от волокон из берестовецкого базальта (Украина).

Химический состав базальта (в % по массе): SiO<sub>2</sub> 51,02-51,14, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 15,83-16,4, TiO<sub>2</sub> 1,55-1,62, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1,89-3,8, FeO 7,31-9,11, CaO

Таблица 12

Оксиды	Содержание оксидов, % по массе	
	В пределах месторождения	Средний состав по месторождению
SiO <sub>2</sub>	46,42-48,02	47,24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,07-11,17	11,41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	11,91-12,12	12,01
TiO <sub>2</sub>	0,71-0,87	0,8
CaO	9,67-9,94	9,8
MgO	15,05-16,76	15,9
MnO	0,13-0,18	0,15
Na <sub>2</sub> O	1,21-1,25	1,23
K <sub>2</sub> O	0,37-0,48	0,41
п.п.п.	1,27-2,72	2,05

10,54-10,63, MgO 6,22-6,33, SO<sub>3</sub> 0,95-0,96, K<sub>2</sub>O 0,35-0,41, Na<sub>2</sub>O 1,29-1,61, п.п.п. 0,5-0,54.

Базальт с модулем кислотности 3,97 может служить однокомпонентным сырьем (без добавки карбонатных пород) при плавлении в обычных печах или вагранках. Водостойкость волокна (рН) 1,90, температуростойкость 800°С.

В непосредственной близости от Вежаю-Ворыквинского месторождения (0,5-1,5 км) находятся Верхне-Щугорское и Восточное месторождения бокситов, представленные базальтами вскрыши. Минералогический и химический состав, а также физико-механические свойства базальтов этих месторождений идентичны. Базальты Верхне-Щугорского и Восточного месторождений рекомендованы в качестве сырья для производства минеральных штапельных и непрерывных волокон.

**Месторождение габбро-диабазы «Гора Змеевая»** находится в 5 км от г. Ревда Свердловской области. С 1975 г. месторождение разрабатывает АО «Ижевнеруд» для производства тяжелого бута и щебня. Химический состав и технологические свойства габбро-диабазы для производства минерального волокна исследованы ВНИПИТеплопроектом.

Средний химический состав габбро-диабазы (в % по массе): SiO<sub>2</sub> 46,90, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 21,18, TiO<sub>2</sub> 1,01, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3,92, FeO 7,08, CaO 11,30, MgO 5,45, R<sub>2</sub>O 3,16. Плотность породы 2790-3000 кг/м<sup>3</sup>,

водопоглощение 0,67%, предел прочности при сжатии 210 МПа. Температура начала плавления 1150°C, жидкотекучего состояния 1240°C. Шихты с  $M_k$  1,7-2,3, содержащие местные известняки, обеспечивают получение высококачественного минерального волокна и рекомендованы для предприятий Уральского региона.

**Березовское месторождение габбро** расположено в 3 км от г. Березовский Свердловской области. Сырье разведано для получения строительного камня, а также возможного использования при изготовлении минерального волокна. Ранее для производства минеральной ваты применяли метаморфизированный диабаз из отвалов Березовского рудника в смеси с известняком и доломитом. Лабораторные исследования выполнены ВНИПИТеплопроектом в 60-х годах. Промышленные испытания двухкомпонентной шихты (габбро - 66-75%, известняк - 34-25%) проведены в цехе минеральной ваты Березовского завода стройконструкций, многие годы затем работавшего на этом сырье.

Химический состав породы (в % по массе):  $SiO_2$  47-49,  $Al_2O_3$  16-18,  $Fe_2O_3$  1-2, FeO 4-5, CaO 10-12, MgO 10-11,  $K_2O$  0,1-0,2,  $Na_2O$  1-2,  $TiO_2$  0,3-0,4, п.п.п. 3-4. Модуль кислотности колеблется от 2,44 до 5,03 и в среднем составляет 2,1. Это позволяет использовать габбро в чистом виде или с добавкой 5-10% карбонатных пород.

Вязкость расплава шихты, состоящей из 80% габбро и 20% доломита, при 1400°C не превышала 8 дПа·с, при 1350°C - 12 дПа·с, при 1300°C - 18 дПа·с. Это свидетельствует о хорошей жидкотекучести расплава. В то же время температура спекания волокна составляла 800-1000°C, что значительно превышает показатели базальтового волокна.

**Первоуральское месторождение горнблендита** находится вблизи пос. Магнитка Первоуральского района Свердловской области. Мощность карьера обогатительной фабрики по переработке титано-магнетитовых руд превышает 3 млн. т в год. Горнблендит - ультраосновная магматическая порода с содержанием  $SiO_2$  менее 45%, состоящая из роговой обманки с примесью второстепенных легкоплавких минералов. Порода исследована и рекомендована ВНИПИТеплопроектом как сырье для производства минерального волокна.

Химический состав горнблендита (в % по массе):  $SiO_2$  36,14-39,43,  $Al_2O_3$  15,33-15,87,  $Fe_2O_3$  + FeO 12,92-17,04, CaO 9,77-19,81, MgO 8,38-12,96,  $K_2O$  0,12-0,31,  $Na_2O$  0,7-1,7, прочие 1,5-2,19, п.п.п. 1,81-4,41. Плотность породы 2,70-2,95 г/см<sup>3</sup>, насыпная плотность фракции 10-20 мм 1300-1400 кг/м<sup>3</sup>, водопоглощение 0,5%. Температура

начала плавления 1130-1150°C, жидкотекучести 1200-1220°C, выработки расплава в штапельное волокно 1280-1300°C. Получаемое минеральное волокно имеет серый цвет с зеленоватым оттенком. Горнблендит можно применять в композиции как с карбонатными породами (5-15% известняка или доломита), так и с магматическими горными породами типа гранодиорита с доведением модуля кислотности до 2,5 и более. При этом может быть получено микрокристаллическое волокно с температурой применения до 1000°C.

**Круторожинское месторождение габбро-диабаз** расположено в 14 км от г. Орска Оренбургской области. Эксплуатируется Орским карьероуправлением с 1939 г. для получения строительного щебня. В 1986-1990 г. объединение «Оренбурггеология» при доразведке месторождения выявило пригодность габбро-диабаз для производства минерального волокна.

Химический состав габбро-диабаз представлен в табл. 13.

Т а б л и ц а 13

Оксиды	Содержание оксидов, % по массе		
	Данные геологической разведки	Данные ВНИПИТепло-проекта	Данные ВНИИТепло-изоляция
SiO <sub>2</sub>	50,56	49,6	48,96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,8	17,9	14,95
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	16,4	15,8	17,86
CaO	6,14	7,1	5,74
MgO	5,63	6,6	5,78
R <sub>2</sub> O	3,74	3,95	3,92
п.п.п.	2,97	2,58	3,73

Ввиду высокого содержания стеклообразующих оксидов (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и, следовательно, высокой вязкости расплавов габбро-диабаз рекомендуется применять с добавкой известняка или доломита для снижения модуля кислотности с 5,5 до 1,7-2,2. При этом получают высококачественное минеральное волокно. В течение многих лет габбро-диабаз используется в качестве подкислителя к доменным шлакам на Челябинском, Салаватском, Волгоградском и других заводах, выпускающих минеральную вату.

Исследованиями НИЛБВ ИПМ АН Украины установлена возможность получения из габбро-диабаз грубых минеральных

волокон диаметром 80-400 мкм, применяемых в качестве арматуры для бетонных конструкций взамен металла.

**Учалинское месторождение порфиритового базальта (диабазы)** находится в 10 км от г. Учалы (Республика Башкортостан). Как сырье для производства минерального волокна порфиритовые базальты (диабазы) исследовались Башкирским государственным университетом (г. Уфа) и ВНИПИТеплопроектом.

Химический состав базальта приведен в табл. 14.

Т а б л и ц а 14

Оксиды	Содержание оксидов, % по массе		
	Средний состав по месторождению	Базальт	Диабазовый порфирит
SiO <sub>2</sub>	47,7	53,47	48,55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,1	15,91	21,09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,98	6,46	4,19
FeO	3,49	4,21	4,7
TiO <sub>2</sub>	1,19	0,6	7,2
CaO	7,52	5,08	6,9
MgO	5,67	4,78	Нет свед.
K <sub>2</sub> O	1,57	1,64	То же
Na <sub>2</sub> O	2,38	2,12	-"
п.п.п.	6,1	4,29	5,49

Плотность породы 2,81-3,0 г/см<sup>3</sup>, водопоглощение до 1,5%, предел прочности при сжатии 80-180 МПа, марка по дробимости 1000-1200. Применяется в качестве подкислителя к доменным шлакам на местных заводах по производству минеральной ваты.

**Буготакское месторождение диабазов, диабазовых порфиритов, кварцевых альбитофиров** расположено вблизи пос. Горный Новосибирской области. Месторождение представлено несколькими участками, различающимися петрографическим составом. Разрабатывается Горновским карьероуправлением АО «Запсибнеруд». Диабазы и диабазовые порфириты добывают на сопках № 12 и 20.

Химический состав диабазы представлен в табл. 15.

Таблица 15

Оксиды	Содержание оксидов, % по массе	
	Данные ВНИИТеплоизоляции	Данные ВНИПИТеплопроекта
SiO <sub>2</sub>	45,48-53,25	46,22-52,76
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,59-19,33	13,5-15,46
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	5,75-9,97	10,05-11,31
CaO	8,2-19,68	7,37-14,2
MgO	0,99-6,47	4,31-7,83
K <sub>2</sub> O	Нет свед.	0,77-1,31
Na <sub>2</sub> O	То же	1,5-2,27
п.п.п.	2,75-3,54	1,73-3,15

Плотность диабазы 2600-2650 кг/м<sup>3</sup>, водопоглощение 0,2-0,5%, предел прочности при сжатии 88,2-204 МПа. Используется в качестве основного сырья на Новосибирском заводе теплоизоляционных изделий с добавкой 25-30% известняка и как подкислитель к доменным шлакам на Тайгинском заводе минераловатных изделий.

**Тогучинское месторождение диабазов** находится вблизи г. Тогучин Новосибирской области. Эксплуатируется Тогучинским КПП для производства строительного щебня. Имеет гораздо большие запасы по сравнению с запасами соседнего Буготакского месторождения.

Химический состав диабазы (в % по массе): SiO<sub>2</sub> 49,87-51,26, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 17,64-18,69, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9,42-11,47, CaO 9,1-12,35, MgO 5,88-6,23, R<sub>2</sub>O 4,12-4,57, SO<sub>3</sub> 0,65-0,73, п.п.п. 1,78-1,92.

Плотность диабазы 2,84-3,09 г/см<sup>3</sup>, предел прочности при сжатии 159 МПа, водопоглощение до 1,2%, марка по дробимости 1000-1400.

Рекомендуется в качестве сырья для производства минерального волокна с добавкой 10-12% карбонатных пород.

**Васильевское месторождение базальтов** расположено в 3 км от пос. Барзас Кемеровской области. В конце 90-х годов начата частичная разработка карьера производственным объединением «Прогресс» (г. Кемерово) для изготовления базальтового супертонкого волокна фильерным способом. Исследования образцов базальта, отобранных в районе действующего притрассового карьера, проводились НПП «БАНИР» (г. Киев).

Химический состав породы в сравнении с берестовецким базальтом приведен в табл. 16.

Таблица 16

Оксиды	Содержание оксидов, % по массе, в базальтах	
	Васильевского месторождения (М <sub>к</sub> 5,0)	Берестовецкого месторождения (М <sub>к</sub> 4,1)
SiO <sub>2</sub>	47,88	49,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,48	12,58
TiO <sub>2</sub>	1,91	2,85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,68	3,88
FeO	6,9	10,15
CaO	9,58	9,53
MgO	3,0	5,47
Na <sub>2</sub> O	3,79	2,34
K <sub>2</sub> O	0,86	0,66
прочие	3,04	1,67
п.п.п.	1,88	1,84

Насыпная плотность базальта фракции 5-20 мм 1380 кг/м<sup>3</sup>, влажность 0,2-0,5%, водопоглощение 0,3-0,7%, плотность в куске 2,74 г/см<sup>3</sup>, предел прочности при сжатии 144 МПа.

Температура начала плавления базальта 1120°C, жидкотекучего состояния 1370°C, температура верхнего предела кристаллизации 1275°C. Для получения непрерывного волокна использовали шихты из чистого базальта и с добавкой 10 и 15% известняка. При скорости вытяжки около 1580 м/мин получали тонкие непрерывные волокна диаметром 7-11 мкм, а при скорости вытяжки 4-6 м/мин - грубые волокна диаметром 100-160 мкм. Температурный интервал выработки составлял 1400-1450°C для тонких и 1360-1450°C для грубых волокон.

ВНИПИТеплопроектом были опробованы Васильевские базальты (диабазы) в производстве тонкого и супертонкого волокна бесфильтренным способом. Результаты опытных плавок представлены в табл. 17.

Данные о вязкости расплавов исследованных шихт приведены в табл. 18.

При получении тонкого и супертонкого волокна бесфильтренным способом вязкость расплава должна составлять менее 15 дПа·с, поэтому необходим прогрев до температуры не ниже 1450°C. Полученные штапельные волокна длиной до 30 мм характеризуются эластичностью, низким содержанием неволокнистых включений, устойчивостью к вибромеханическим воздействиям. Они могут быть

Таблица 17

Состав шихты	Температура, °С		
	начала размягчения	начала расплава	переработки в волокно
Базальт (100%)	1170	1270	1450
Базальт (80%), известняк Мозжухинского месторождения (20%)	1180	1230	1430
Базальт (85%), известняк Мозжухинского месторождения (15%)	1190	1240	1450
Базальт (90%), известняк Мозжухинского месторождения (10%)	1190	1260	1460

Таблица 18

Состав шихты	Вязкость расплава, дПа·с, при температуре				
	1450°С	1400°С	1350°С	1300°С	1250°С
Базальт (100%)	65	107	177	308	590
Базальт (80%), известняк (20%)	12	16	36	84	121
Базальт (85%), известняк (15%)	15	30	64	125	260
Базальт (90%), известняк (10%)	34	60	98	180	340

применены для изоляции тепловых агрегатов при температуре изолируемой поверхности до 800°С.

Исследования АО «Шлаколит» показали, что базальт пригоден для получения каменного литья.

**Назаровское месторождение долеритового базальта** находится в 7 км от г. Назарово Красноярского края. Разрабатывается Назаровским заводом ЖБК, выпускается щебень фракций 3-10, 10-20, 20-40 и 40-70 мм. Базальт исследован ВНИПИТеплопроектом в 70-80-х годах как сырье для строившегося в то время Назаровского завода теплоизоляционных изделий и

конструкций с импортными электропечами и технологическим оборудованием.

Химический состав долеритового базальта (в % по массе):  $\text{SiO}_2$  50,18,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  16,83,  $\text{TiO}_2$  0,96,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  3,43, FeO 5,83, CaO 9,62, MgO 7,79,  $\text{Na}_2\text{O}$  1,71,  $\text{K}_2\text{O}$  0,88,  $\text{SO}_3$  0,72, п.п.п. 2,05. Модуль кислотности базальта 3,85. Его можно использовать как в однокомпонентной, так и в композиционной шихте. Плотность 2,79-3,11 г/см<sup>3</sup>, плотность породы в куске 2,86-3,20 г/см<sup>3</sup>, водопоглощение до 1%, марка по дробимости 1000.

**Ачинское (Аргинское) месторождение диабазов** расположено в 4 км от г. Ачинска Красноярского края. Разрабатывается Ачинским щебеночным заводом АО «Железобетон». Добываемая порода применяется в качестве строительного щебня.

Химический состав диабаза (в % по массе):  $\text{SiO}_2$  46,04-47,6,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  13,7-14,6,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  12,38-15,9, CaO 13,1-17,8, MgO 4,6-6,7,  $\text{K}_2\text{O}$  0,2-0,6,  $\text{Na}_2\text{O}$  1,07-1,3, п.п.п. 1,55-1,93.

Плотность породы в куске 3,02 г/см<sup>3</sup>, плотность 2,99 г/см<sup>3</sup>, пористость 1,42%, водопоглощение 0,18%, предел прочности при сжатии 158,7 МПа.

**Усть-Нюринское месторождение долеритов** находится в 12 км от г. Тулун Иркутской области. В состав предприятия по производству высокопрочного щебня входят карьер проектной мощностью 510 тыс. м<sup>3</sup> щебня в год и дробильно-сортировочный завод мощностью 700 тыс. м<sup>3</sup> в год искусственного песка. Выпускается щебень фракций 2-20 и 20-70 мм.

Плотность породы в куске 2,91-3,0 г/см<sup>3</sup>, плотность 2,69-2,9 г/см<sup>3</sup>, водопоглощение 0,1-0,5%, марка по дробимости 600-1400. Сведения, содержащиеся в табл. 19, дают представление о химическом составе долерита.

Исследованы шихты, содержащие доломит и известняк, с целью получения минерального волокна. В табл. 20 приведены данные о температуре плавления долерита и шихт на его основе, а также о вязкости расплавов.

Шихты с добавкой 15% доломита или известняка рекомендованы как оптимальные для производства высококачественного минерального волокна.

**Месторождение базальтов «Илюшкин Ключ»** расположено в Кижингинском районе (Республика Бурятия). Месторождение выявлено в 1985 г., в 1986-1987 г. проведена предварительная, а в 1988 г. - детальная разведка базальтов.

Технологические испытания показали, что базальт

Таблица 19

Оксиды	Содержание оксидов, % по массе		
	Данные геологической разведки	Данные ВНИИТепло-изоляция	Данные ВНИИТепло-проекта
SiO <sub>2</sub>	46,8	48,15	50,68
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,4	15,53	16,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	6,7	16,82	11,64
CaO	11,8	11,35	9,37
MgO	5,7	5,35	4,63
R <sub>2</sub> O	1,7	2,43	3,13
Прочие	9,8	0,31	2,99
п.п.п.	1,5	0,06	0,91

месторождения «Илюшкин Ключ» пригоден для получения минеральной ваты (с добавкой местных доломитов), штапельного супертонкого волокна для строительной теплоизоляции, каменного литья (при составе шихты: базальт 70-75%, доломит 15%, кварцевый песок 10%, хромит 4%).

Химический состав базальта (в % по массе): SiO<sub>2</sub> 47,98, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 16,04, TiO<sub>2</sub> 1,93, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO 10,60, CaO 7,69, MgO 4,82, Na<sub>2</sub>O 4,03, K<sub>2</sub>O 2,69, прочие 1,73, п.п.п. 2,4. Плотность породы в куске 2,85-3,01 г/см<sup>3</sup>, плотность 2,83-2,88 г/см<sup>3</sup>, водопоглощение 0,2-1,4%, предел прочности при сжатии 140 МПа, марка по дробимости 1200.

**Марусинское месторождение базальтов** находится на 59-м км шоссе Хабаровск - Находка. Месторождение выявлено и разведано в 1989-1990 г. с целью создания сырьевой базы для заводов по производству теплоизоляционных материалов и стекловолокна в г. Хабаровске.

Химический состав базальтов довольно постоянен и характеризуется следующими средними показателями (в % по массе): SiO<sub>2</sub> 52,2, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 15,52, TiO<sub>2</sub> 2,19, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4,23, FeO 7,03, MgO 5,77, CaO 7,09, Na<sub>2</sub>O 3,31, K<sub>2</sub>O 1,27, прочие 0,87, п.п.п. 0,52. Модуль кислотности колеблется в пределах 4,7-5,4. Плотность базальта 2,12-2,55 г/см<sup>3</sup>, пористость 26,7-12,1%, водопоглощение 1,8-5,51%. Базальт отнесен к первому классу строительных материалов, применяемых во всех видах жилищного и культурно-бытового строительства без ограничений.

На хабаровском заводе «Стекловолокно» из базальта фракции

Таблица 20

Состав шихты	M <sub>k</sub>	Температура плавления, °С	Вязкость расплава, дПа·с, при температуре				
			1400°С	1350°С	1300°С	1250°С	1200°С
			Долерит (100%)	3,68	1240	24	39
Долерит (85%), доломит (15%)	2,58	1240	12,5	20	37	70	140
Долерит (85%), известняк (15%)	2,43	1250	13,5	22	38	72	155
Долерит (70%), доломит (30%)	1,81	1240	6,5	11,5	20	36	68
Долерит (70%), известняк (30%)	1,61	1220	6	11	18	32	120

Таблица 21

Состав шихты	M <sub>k</sub>	Температура плавления, °С	Вязкость расплава, дПа·с, при температуре				
			1400°С	1350°С	1300°С	1250°С	1200°С
			Базальт (100%)	2,09	1210	6,5	10,5
Базальт (96%), известняк (4%)	1,94	1185	5,5	8,5	15	27	59
Базальт (90%), известняк (10%)	1,69	1180	4,5	7	12	23	66
Базальт (84%), известняк (16%)	1,5	1200	3,5	5	8	14	28

5-20 мм получен холст супертонкого волокна, удовлетворяющий всем требованиям нормативных документов.

**Свиягинское месторождение базальтов** расположено в 4 км от ст. Свиягино Спасского района Приморского края. Месторождение эксплуатируется с целью получения щебня, а также сырья для производства минерального волокна.

Химический состав базальта (в % по массе):  $\text{SiO}_2$  42,24,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  13,85,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  14,20,  $\text{CaO}$  12,96,  $\text{MgO}$  13,83,  $\text{K}_2\text{O}$  0,99,  $\text{Na}_2\text{O}$  0,83, п.п.п. 0,14. Плотность породы в куске 3,01-3,1 г/см<sup>3</sup>, плотность 2,92 г/см<sup>3</sup>, пористость 1-7%.

Свиягинский базальт является одним из лучших известных сырьевых материалов для минераловатной промышленности, его можно применять как в чистом виде, так и с карбонатными добавками.

Данные о температуре плавления и вязкости расплавов базальта и шихт с добавкой местного известняка Длинногорского месторождения представлены в табл. 21.

Благоприятные вязкостные показатели расплавов в широком диапазоне температур объясняются низким модулем кислотности, а также значительной долей  $\text{MgO}$  в суммарном содержании щелочноземельных оксидов при соотношении  $\text{CaO}:\text{Mg}$  1:1. Данное сырье рекомендуется для производства тонких, супертонких, непрерывных волокон и каменного литья.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГАББРО-БАЗАЛЬТОВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОГО ВОЛОКНА В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ**

### **Север и Северо-Запад европейской части России**

На предприятиях этих регионов широко используются местные горные породы, поскольку в этой части страны сосредоточены значительные ресурсы высококачественного сырья для производства минерального волокна и изделий на его основе. Для данных регионов характерна высокая степень развития промышленности теплоизоляционных материалов (особенно это касается Ленинградской области), однако на востоке европейской части страны эта промышленность развита слабо.

Наиболее приемлемыми карьерами для предприятий этих регионов являются карьеры Карелии (габбро-диабаз и пироксеновый порфирит), Архангельской области и Республики Коми (базальты).

Наряду с обеспечением нужд предприятий данных регионов, имеющиеся здесь габбро-базальтовые горные породы являются основным резервом сырья для предприятий по производству минерального волокна, расположенных в Центральном, Центрально-Черноземном и Волго-Вятском регионах.

### **Центральный и Волго-Вятский регионы**

Данные регионы характеризуются высокой концентрацией промышленных предприятий и значительными объемами выпуска теплоизоляционных материалов из минерального волокна. В перспективе намечается дальнейший рост производства высококачественного минерального волокна за счет снижения выпуска шлаковой ваты, а также за счет организации новых производств по выпуску минерального волокна и строительства новых установок на существующих предприятиях. Данные регионы являются наиболее массовыми потребителями минерального сырья, и на них в основном должны быть ориентированы разработки карьеров габбро-базальтового сырья Карелии, Архангельской области, Приуралья.

Применяемые на ряде минераловатных предприятий подкислители к доменным шлакам обедняют расплав, привнося в него в основном оксиды кремния и алюминия, в то время как породы габбро-базальтовой группы обогащают расплав (а следовательно, и волокно) оксидами железа, щелочноземельных и щелочных металлов. Данные о химическом составе подкислителей к доменным шлакам, применяемых на заводах этих регионов (табл. 22), хорошо иллюстрируют это утверждение.

Минеральное сырье габбро-базальтового типа хорошо плавится в любых плавильных агрегатах (вагранках, ванн газовой печи, электропечах), что выгодно отличает его от доменных шлаков, мергелей, глин и другого силикатного сырья.

### **Центрально-Черноземный регион, Северный Кавказ и Поволжье**

В этом обширном регионе достаточно хорошо развита промышленность теплоизоляционных материалов, и перспективы ее дальнейшего роста весьма благоприятны, в первую очередь за счет габбро-базальтовых месторождений Северного Кавказа, которые еще не полностью разведаны. Заводы Поволжья могут ориентироваться на круторожинские габбро-диабазы (Оренбургская обл.). Кроме того,

Таблица 22

Подкислители	Содержание оксидов, % по массе					
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O
<b>Порфирит пироксеновый Хавчозерского месторождения</b>						
Заводы Центрального региона	47,5-48,08	14,4-15,04	16,8-18,38	4,1-7,25	5,6-5,93	2,8-4,6
<b>Бой глиняного кирпича</b>						
Владимирский завод	75,0	13,0	4,5	2,2	1,6	0,1
Ивановский завод	77,4	13,3	5,8	1,9	1,5	0,1
Щуровский КСД (Московская обл.)	73,3	13,2	4,3	2,5	1,3	0,2
Тульский завод	76,2	16,4	4,4	1,6	0,9	0,1
Советский завод (Тульская обл.)	69,6	19,4	4,4	3,0	3,5	0,2
Саранский завод	68,5	17,5	6,4	1,7	1,4	0,1
<b>Метлахская плитка</b>						
Смоленский завод	60,2	22,2	7,3	0,8	0,8	0,1
<b>Перлит</b>						
Комбинат "Мостермостекло", Ярославский и Тверской заводы	69,8-75,5	10,9-16,5	1,1-3,7	1,1-2,0	0-1,8	0,1-0,4

для ряда предприятий западной части этого региона можно рекомендовать берестовецкие базальты (если это экономически оправдано).

## **Урал**

В пределах региона сосредоточены значительные производственные мощности по выпуску минерального волокна и теплоизоляционных изделий на его основе, которые могут быть полностью обеспечены местным габбро-базальтовым сырьем. Задача ближайших лет - отказ от применения доменных и других шлаков в производстве минерального волокна. Карьеры габбро-базальтовых пород могут быть также надежными поставщиками высококачественного минерального сырья в соседние регионы (Волго-Вятский, Поволжье, Западная Сибирь).

## **Западная Сибирь**

К данному региону условно отнесены, кроме собственно Западной Сибири, Алтайский край, Кузбасс и все регионы вплоть до Красноярского края. Предприятия региона должны ориентироваться на имеющиеся здесь месторождения диабазов Новосибирской области, базальтов Кемеровской области, габбро-диорита и порфирита Алтайского края. Запасов этих пород вполне достаточно для обеспечения сырьем всех предприятий региона в течение длительного времени.

В этом регионе, особенно в Алтайском крае, отмечается дефицит теплоизоляционных материалов для строительства, поэтому здесь необходимо расширить производство минерального волокна.

## **Восточная Сибирь и Забайкалье**

Данный обширный регион достаточно обеспечен запасами габбро-базальтового сырья, и все действующие предприятия промышленности теплоизоляционных материалов используют исключительно эти горные породы. Однако предприятия размещены в основном вдоль Транссибирской магистрали, поэтому можно ожидать расширения производства утеплителей из минерального волокна на ответвлениях от Транссиба, в первую очередь в районе Братска, на юге Красноярского края, Читинской области, а также в районе БАМа.

Наиболее перспективным сырьем в регионе являются назаровский базальт долеритовый, ачинский диабаз, базальты Читинской области и Бурятии.

### **Дальний Восток**

В данном регионе также имеются большие запасы местного габбро-базальтового сырья, которых достаточно для удовлетворения потребности развивающейся промышленности теплоизоляционных волокнистых материалов, в том числе на длительную перспективу. Наиболее высоким качеством отличаются свиягинский базальт (Приморский край) и базальты Хабаровского края. Эти породы можно использовать для получения высококачественной теплоизоляции, каменного литья, а также непрерывных волокон, нитей, ровинга, тканей и др. Дальневосточный регион весьма перспективен и с точки зрения экспорта указанной продукции в соседние страны.

### **Отдаленные районы Севера и Дальнего Востока**

Организация производства эффективных теплоизоляционных материалов из минерального волокна в отдаленных районах Севера и Дальнего Востока имеет особое значение в связи с суровыми климатическими условиями. Ряд таких производств уже имеется (в Воркуте, Норильске, Мончегорске, Мирном, Билибино, на Ямале), намечается также строительство новых установок и цехов.

Производство минерального волокна в этих районах сопряжено с рядом трудностей, обусловленных как отдаленностью и, соответственно, сложностью обеспечения топливом и вспомогательными материалами, так и непростыми климатическими условиями. Здесь необходимо применять утеплители большей толщины, изготавливаемые на основе надежных, в условиях холодного климата, связующих. В связи с этим продукция отличается весьма высокой себестоимостью и рассчитана в основном на местное потребление. Наиболее эффективны в отдаленных районах Севера и Дальнего Востока небольшие компактные установки и технологические линии, работающие на местном сырье. В качестве сырья рекомендуется применять горные породы габбробазальтовой группы с добавкой местных карбонатных пород. Оба вида сырья в отдаленных районах встречаются довольно часто, поэтому организация производства минерального волокна вполне возможна.

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА СОСТАВА ШИХТ

Как отмечалось выше, одним из критериев, определяющих пригодность сырья или сырьевой композиции для производства минерального волокна, служит модуль кислотности  $M_K$ , представляющий собой отношение суммарного массового процентного содержания оксидов кремния (кремнезема) и алюминия (глинозема) к суммарному содержанию оксидов кальция и магния.

Существует несколько методов расчета состава шихт (сырьевых смесей), и везде исходными данными служат химический состав сырья и заданный модуль кислотности. Величина последнего зависит от химического состава сырьевых компонентов, возможностей плавильного агрегата, способа переработки расплава в волокно и качества получаемого волокна.

Традиционный метод расчета шихты из двух компонентов (исходного и корректирующего) заключается в составлении и решении системы двух уравнений с двумя неизвестными:

$$M_K = \frac{(\text{SiO}_2^I + \text{Al}_2\text{O}_3^I) \cdot x + (\text{SiO}_2^{II} + \text{Al}_2\text{O}_3^{II}) \cdot y}{(\text{CaO}_I + \text{MgO}_I) \cdot x + (\text{CaO}_{II} + \text{MgO}_{II}) \cdot y},$$

где  $\text{SiO}_2^I + \text{Al}_2\text{O}_3^I$  - суммарное содержание кислых оксидов в исходном компоненте, % масс.;

$\text{CaO}_I + \text{MgO}_I$  - то же основных оксидов, % масс.;

$\text{SiO}_2^{II} + \text{Al}_2\text{O}_3^{II}$  - суммарное содержание кислых оксидов в корректирующем компоненте, % масс.;

$\text{CaO}_{II} + \text{MgO}_{II}$  - то же основных оксидов, % масс.;

$x$  - содержание исходного компонента, %;

$y$  - содержание корректирующего компонента, % масс.

Для практического применения более удобен упрощенный метод расчета двухкомпонентных шихт по следующим формулам:

$$B = \frac{M_K \cdot \Sigma O_I - \Sigma K_I}{\Sigma K_{II} - M_K \cdot \Sigma O_{II}}; \quad I = \frac{100}{I + B}; \quad II = 100 - I,$$

где  $B$  - соотношение компонентов;

$M_K$  - заданный модуль кислотности;

$\Sigma O_I$  - сумма основных оксидов компонента I, %;

$\Sigma O_{II}$  - то же компонента II, %;

$\Sigma K_I$  - сумма кислых оксидов компонента I, %;

- $\Sigma K_{II}$  - то же компонента II, %;
- I - содержание компонента I в шихте, %;
- II - то же компонента II, %.

Основное требование, предъявляемое к сырьевой смеси для производства минерального волокна, - низкая вязкость при температуре выработки.

Особенность шихт на основе горных пород габбро-базальтовой группы заключается в высоком содержании оксидов железа и щелочноземельных металлов. Благодаря этому обеспечивается низкая вязкость расплава при температурах варки и выработки, расплав имеет хорошую текучесть, переработка в волокно происходит в широком температурном и вязкостном диапазоне (расплавы более «длинные» по сравнению с «короткими» шлаковыми). Вместе с тем характер плавления и свойства расплавов горных пород во многом зависят от минералогического состава компонентов шихты. Экспериментально установлено влияние минералогического состава сырьевых материалов на температуру плавления шихты и вязкость расплава, поэтому результаты расчета состава шихты уточняют опытными плавками в лабораторных и опытно-промышленных условиях.

### **РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ШИХТЫ НА ОСНОВЕ ГОРНЫХ ПОРОД ГАББРО-БАЗАЛЬТОВОЙ ГРУППЫ**

Процентное содержание компонентов шихты (исходного сырья и корректирующей добавки) рассчитывают по заданному модулю кислотности при наличии данных о химическом составе горных пород. За нижний предел принимают модуль кислотности минеральной ваты, равный 1,2-1,5 (по ГОСТ 4640-94). Однако это значение  $M_k$  характерно для минеральной ваты, производимой из доменных шлаков с добавкой 10-25% излившихся магматических горных пород или их аналогов, а также силикатных отходов (бой кирпича и т. п.) разной природы.

При производстве минерального волокна на основе горных пород габбро-базальтовой группы с добавкой карбонатных пород на существующем технологическом оборудовании модуль кислотности шихт изменяется в пределах 1,7-2,3.

Применение шихт с  $M_k$  менее 1,7 приводит к уменьшению содержания стеклообразующих оксидов в расплаве, а также к снижению производительности плавильных печей из-за увеличения расхода топлива на диссоциацию карбонатов. Вместе с тем при уменьшении  $M_k$  снижаются стойкость волокна к механическим и атмосферным воздействиям, водостойкость (рН) и температуростойкость волокна.

Известно, что горные породы габбро-базальтовой группы имеют смешанную структуру: мелкокристаллические образования расположены в стекловидной фазе, при наличии которой ускоряется процесс плавления. Горные породы этой группы состоят в основном из минералов, наиболее легко образующих силикатные стекла, а также из быстро растворяющихся в стекле минералов. К ним относятся плагиоклазы, роговая обманка, полевые шпаты. Плавление этих минералов начинается при температуре 1100°C.

Т а б л и ц а 2 3

Номер шихты	Состав шихты	$M_{\text{кк}}$	Рекомендуемый регион применения
1	2	3	4
1	Габбро-диабаз месторождения "Голодай Гора" (70%), доломит месторождения "Осуга" (30%)	2,03	Северо-Запад, Центр, Волго-Вятский регион
2	Порфирит пироксеновый хавчозерский (75%), доломит роговицкий (25%)	2,0	То же
3	Базальт месторождения "Мяндуха" (75%), доломит чинья-ворыквинский (25%)	1,85	"-
4	Базальт вежаю-ворыквинский (75%), доломит чинья-ворыквинский (25%)	1,96	Волго-Вятский регион, Поволжье, Центр
5	Габбро-диабаз месторождения "Голодай Гора" (70%), доломит щелковский (30%)	2,12	Центр, Северо-Запад
6	Порфирит пироксеновый хавчозерский (75%), доломит щелковский (25%)	1,94	То же
7	Базальт месторождения "Мяндуха" (75%), доломит щелковский (25%)	1,90	"-
8	Габбро-диабаз круторожинский (77%), доломит иргизский (30%)	1,83	Поволжье, Приуралье, Центр
9	Базальт порфиритовый учалинский (75%), доломит берцовский (25%)	2,09	То же
10	Габбро-диабаз ломовский (75%), доломит берцовский (25%)	1,85	"-

1	2	3	4
11	Диабаз буготакский (80%), известняк шипуновский (20%)	1,75	Западная Сибирь, Кузбасс, Алтай
12	Базальт васильевский (70%), известняк мозжухинский (30%)	1,84	Западная Сибирь, Кузбасс, Алтай
13	Порфирит тягунский (65%), доломит сотниковский (35%)	2,03	То же
14	Габбро-диорит малетинский (70%), доломит сотниковский (30%)	2,0	-"
15	Долерит усть-нюринский (70%), доломит макарьевский (30%)	1,98	Восточная Сибирь, Забайкалье
16	Базальт долеритовый назаровский (75%), доломит сотниковский (25%)	2,17	То же
17	Базальт долеритовый назаровский (75%), известняк торгашинский (25%)	1,93	-"
18	Амфиболит соколовский (80%), известняк гомонский (20%)	1,89	Сахалин

С учетом этих факторов были разработаны шихты на основе горных пород габбро-базальтовой группы с высоким модулем кислотности (более 2), плавление которых обеспечивается техническими возможностями действующих плавильных печей (газовых, мазутных, коксовых). Вместе с тем в настоящее время появилась возможность использовать плавильные печи с электроподогревом и электродуговые печи, которые позволяют плавить горные породы в виде однокомпонентной шихты (без карбонатных добавок) или двухкомпонентной шихты с высоким (более 2,5) модулем кислотности. В этом случае содержание карбонатной добавки не превышает 10-15%.

Состав и модуль кислотности некоторых шихт, рекомендуемых для различных регионов, приведены в табл. 23, а химический состав этих шихт и волокна на их основе - в табл. 24, причем в этих таблицах не указаны составы однокомпонентных шихт (чистых горных пород габбро-базальтовой группы), так как они даны в табл. 2.

В двухкомпонентных шихтах с добавкой карбонатных пород предпочтительнее применять доломит, а не известняк, поскольку при этом в расплаве повышается содержание оксида магния, что положительно влияет на качество волокон: их прочность и эластичность увеличиваются вследствие изменения структуры стекла (расплава). Кроме того, MgO, как и FeO и оксиды щелочных металлов ( $K_2O$  и  $Na_2O$ ), являются сильными плавнями и снижают температуру плавления. Содержание оксида двухвалентного железа в шихтах из горных пород габбро-базальтовой группы изменяется в пределах 2,9-9,5% по массе (в основном от 5 до 6%), а содержание щелочных оксидов - от 2 до 4%. Это обеспечивает легкоплавкость шихт и высокое качество минерального волокна.

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН И ИЗДЕЛИЙ НА ИХ ОСНОВЕ**

В нашей стране и за рубежом интенсивно развивается производство волокнистых материалов и изделий на основе минеральных, стеклянных, огнеупорных и других волокон. Это в первую очередь теплоизоляционные и огнеупорные материалы из штапельных волокон в виде матов, плит, картона, скорлуп, шнуров, изделий сложной конфигурации, а также различные нити, холсты, сетки, ткани из непрерывных волокон.

Классификация волокон в зависимости от их диаметра (в мкм) приводится ниже.

Микротонкое .....	менее 0,6
Ультратонкое .....	0,6 - 1,0
Супертонкое .....	1 - 3
Тонкое .....	3 - 15
Утолщенное .....	15 - 80
Грубое .....	80 - 500
Непрерывное .....	8 - 30

Наибольшее распространение получили волокна минеральной ваты диаметром 1-15 мкм (в среднем 6-8 мкм), а также стекловолотно диаметром 15-30 мкм и каолиновая вата диаметром 1-3 мкм.

Минеральные волокна из горных пород габбро-базальтовой группы, иногда называемые базальтовыми, изготавливаются по различным технологиям и выпускаются промышленностью в широком диапазоне толщин (диаметров) - от микротонких до грубых. Из непрерывных волокон диаметром 11-17 мкм производят базальтовые

Таблица 24

Номер шихты (см. табл. 23)	Содержание оксидов, % по массе													п.п.п.
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13	
1	37,33 43,90	9,03 10,62	1,96 2,30	5,41 6,36	5,43 6,39	- -	15,34 18,05	7,53 8,85	0,73 0,86	1,33 1,56	0,95 1,11		14,96 -	
2	39,90 45,74	10,30 11,81	1,09 1,25	8,70 9,97		0,11 0,11	14,48 16,60	10,56 12,10	0,18 0,21	0,50 0,58	1,42 1,63		12,76 -	
3	37,74 43,31	10,61 12,18	0,71 0,81	1,48 1,70	8,28 9,50	0,12 0,14	15,09 17,32	11,03 12,66	0,60 0,69	0,40 0,46	1,07 1,23		12,88 -	
4	38,45 43,70	11,90 13,52	1,16 1,32	2,89 3,28	5,48 6,23	- -	15,69 17,83	9,96 11,32	0,89 1,02	0,32 0,36	1,25 1,42		12,01 -	
5	37,68 44,33	9,35 11,00	1,99 2,34	5,32 6,26	5,43 6,39	- -	14,35 16,88	7,86 9,25	0,63 0,75	1,33 1,56	1,05 1,24		15,01 -	
6	39,15 44,92	10,45 12,00	1,06 1,24	8,56 9,85		0,11 0,12	14,89 17,10	10,65 12,23	0,21 0,24	0,50 0,57	1,51 1,73		12,92 -	
7	38,07 43,51	11,02 12,60	0,74 0,85	1,51 1,72	8,28 9,46	0,12 0,12	14,97 17,10	10,86 12,42	0,46 0,52	0,39 0,44	1,11 1,26		12,53 -	
8	33,56 39,69	10,51 12,43	1,64 1,94	11,38 13,46		0,15 0,18	13,43 15,88	10,69 12,65	0,35 0,41	0,31 0,37	2,53 2,99		15,45 -	
9	39,94 45,78	11,72 13,43	0,21 0,24	9,35 10,72	0,35 0,40	- -	15,72 18,02	9,03 10,35	0,08 0,08	0,54 0,62	0,31 0,36		12,75 -	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	38,37 43,04	10,24 11,49	0,35 0,39	3,33 3,74	8,29 9,30	0,56 0,63	15,86 17,79	10,36 11,62	0,31 0,35	0,26 0,28	1,22 1,37	10,86 -
11	37,48 42,02	12,22 13,70	0,06 0,07	6,08 6,62	3,47 3,89	- -	24,90 27,90	3,44 3,87	0,23 0,26	0,17 0,19	0,15 1,28	10,80 -
12	35,70 42,15	13,58 16,03	0,95 1,12	3,28 3,87	1,86 2,20	0,11 0,13	22,53 26,60	4,24 5,00	- -	1,00 1,16	1,46 1,74	15,29 -
13	35,83 42,63	10,98 13,06	0,84 1,01	9,87 11,74	0,20 0,24	0,20 0,24	13,15 15,64	9,90 11,78	0,20 0,24	0,42 0,50	2,66 3,16	15,95 -
14	34,68 40,49	13,69 15,98	1,13 1,32	5,51 6,43	3,90 4,56	0,12 0,14	15,66 18,28	8,46 9,88	0,21 0,25	0,76 0,89	1,53 1,78	14,35 -
15	36,26 42,39	12,19 14,24	1,72 2,01	3,46 4,04	4,81 5,62	0,18 0,21	15,80 18,46	8,64 10,10	0,28 0,32	0,62 0,72	1,62 1,89	14,42 -
16	40,17 45,52	12,95 14,66	0,72 0,82	3,08 3,50	4,37 4,95	- -	13,80 15,64	10,63 12,05	0,54 0,61	0,66 0,75	1,32 1,50	11,76 -
17	38,24 43,56	12,74 14,50	0,72 0,82	2,65 3,02	4,37 4,98	- -	20,44 29,29	6,12 6,97	0,54 0,61	0,66 0,75	1,32 1,50	12,22 -
18	37,32 41,92	12,05 13,53	1,07 1,21	9,63 10,82	0,08 0,08	0,08 0,08	19,63 22,06	6,52 7,32	0,01 0,01	0,10 0,10	2,62 2,95	10,97 -

Примечание. В первой строке приведен химический состав шихты, во второй - волокна.

нити, ровинг и ткани всевозможного назначения и текстуры, а также базальтопластики и другие композиционные материалы.

Температурный интервал применения базальтовых волокон составляет от -269 до +900°C, каолиновых - до 1150°C, стеклянных - от -60 до +450°C. Гигроскопичность базальтовых волокон менее 1%, стеклянных - до 10-20%. Базальтовые волокна относятся к первому гидrolитическому классу и по кислото-, щелоче- и паростойчивости превосходят минераловатные (шлаковые) и стеклянные.

Зависимость теплопроводности выпускаемой базальтовой ваты с волокнами различного диаметра при плотности 100 кг/м<sup>3</sup> от температуры представлена в табл. 25. С увеличением диаметра волокон теплопроводность возрастает, причем особенно значительно при высоких температурах.

Низкая теплопроводность матов из микро-, ультра- и супертонкого базальтового волокна обусловлена их высокоразвитой поверхностью, создающей огромное количество микропор (пористость около 98%), препятствующих конвекции и тепловому излучению воздуха. Зависимость теплопроводности изделий из базальтового супертонкого волокна различной плотности от

Т а б л и ц а 25

Базальтовое волокно	Средний диаметр волокна, мкм	Зависимость теплопроводности от температуры $\lambda = f(t)$	Теплопроводность, Вт/(м·К), при средней температуре		
			50°C	300°C	500°C
Микротонкое	< 0,6	$0,0238 + 0,000128 t_{CP}$	0,0313	0,0685	0,0983
Ультратонкое	0,75	$0,0250 + 0,000125 t_{CP}$	0,0322	0,0686	0,0977
Супертонкое	1,2	$0,0291 + 0,00014 t_{CP}$	0,0372	0,0779	0,1105
Тонкое	6,0	$0,0360 + 0,000193 t_{CP}$	0,0472	0,1035	0,1483
Тонкое	10,3	$0,0355 + 0,00024 t_{CP}$	0,0494	0,1192	0,1750
Утолщенное	15,0	$0,0355 + 0,000255 t_{CP}$	0,0502	0,1244	0,1838
Утолщенное	18,0	$0,0424 + 0,000250 t_{CP}$	0,0529	0,1296	0,1878

температуры приведена в табл. 26. Как видно из данных этой таблицы, теплопроводность волокон зависит от степени уплотнения и оптимальна при плотности 75-100 кг/м<sup>3</sup> во всем температурном интервале эксплуатации. Эта же закономерность характерна для минеральной ваты.

В табл. 27 сопоставлены свойства базальтового картона из супертонких волокон и асбестового картона.

Т а б л и ц а 26

Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Зависимость теплопроводности от температуры $\lambda = f(t)$	Теплопроводность, Вт/(м·К), при средней температуре		
		0°С	50°С	300°С
20	$0,0337 + 0,000288 t_{CP}$	0,0337	0,0505	0,1342
50	$0,0302 + 0,000139 t_{CP}$	0,0302	0,0383	0,0787
75	$0,0279 + 0,000135 t_{CP}$	0,0279	0,0358	0,0750
100	$0,0291 + 0,000140 t_{CP}$	0,0291	0,0372	0,0779
150	$0,0302 + 0,000146 t_{CP}$	0,0302	0,0387	0,0812
200	$0,0326 + 0,000156 t_{CP}$	0,0326	0,0416	0,0869

Т а б л и ц а 27

Показатели	Базальтовый картон на связующем			Асбесто- вый картон
	ПВА	глина	кремне- золь	
Температура применения, °С	До 700	До 750	До 900	До 600
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	70 - 110	100 - 280	70 - 100	1000 - 1300
Теплопроводность при 25°С, Вт/(м·К)	0,035	0,045	0,035	0,14
Влажность, %, не более	2	3	2	3
Горючесть	Трудно- сгораемый	Несго- раемый	Негорючий	Трудно- сгораемый

Базальтоволокнистый холст перспективен в качестве армирующей основы (взамен кровельного картона) для битуминозных кровельных и гидроизоляционных материалов. Такие материалы в десятки раз долговечнее обычного рубероида, несопоставимо прочнее и гораздо технологичнее. Применение базальтовых волокон в качестве армирующих материалов может вытеснить асбест при производстве многих строительных материалов и конструкций.

В соответствии с Постановлением Госстроя России от 13 марта 1997 г. № 18-15 введено в действие Изменение № 1 Межгосударственного стандарта ГОСТ 4640-93 «Вата минеральная. Технические условия», разработанное ОАО «Теплопроект». Согласно этому изменению, раздел «Требования к сырью, материалам» изложен в следующей редакции: «Для производства ваты применяют горные породы габбро-базальтового типа и их аналоги, вулканические шлаки, промышленные отходы».

Минеральную вату в зависимости от диаметра волокна подразделяют на три вида:

- ◆ ВМСТ - вата минеральная из супертонкого волокна диаметром от 0,5 до 3 мкм;
- ◆ ВМТ - вата минеральная из тонкого волокна диаметром от 3 до 6 мкм;
- ◆ ВМ - вата минеральная из волокна диаметром от 6 до 12 мкм.

В табл. 28 приведены технические показатели минеральной ваты по ГОСТ 4640-93.

Физико-механические показатели прошивных матов по ГОСТ

Т а б л и ц а 2 8

Показатели	ВМСТ	ВМТ	ВМ типа		
			А	Б	В
Водостойкость, рН, не более	4	4	4	5	7
Средний диаметр волокна, мкм	От 0,5 до 3	Свыше 3 до 6	6	8	12
Содержание неволоконистых включений размером свыше 0,25 мм, % по массе, не более	5	8	12	20	25
Плотность, кг/м <sup>3</sup> , не более	35	50	80	90	100
Теплопроводность, Вт/(м·К), не более	0,041	0,041	0,045	0,045	0,050
Влажность, % по массе, не более	1	1	1	1	1
Содержание органических веществ, % по массе, не более	2	2	2	2	2

21880-94 «Маты прошивные из минеральной ваты теплоизоляционные. Технические условия» представлены в табл. 29.

В табл. 30 указаны физико-механические показатели минераловатных плит, изготавливаемых конвейерным способом по ГОСТ 9573-96 «Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные. Технические условия».

В табл. 31 приведены физико-механические показатели минераловатных плит, изготавливаемых из гидромассы (мокрый способ), и плит гофрированной структуры (сухое формование) по ГОСТ 22950-95 «Плиты минераловатные повышенной жесткости на синтетическом связующем. Технические условия».

Таблица 29

Показатели	Маты марок		
	75	100	125
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	До 85	Свыше 85 до 110	Свыше 110 до 135
Теплопроводность, Вт/(м·К), не более, при температуре 298±5К	0,046	0,044	0,044
398±5К	-	0,065	0,064
573±5К	-	0,150	0,130
Сжимаемость, %, не более	55	40	30
Упругость, %, не менее	70	75	80
Разрывная нагрузка, Н, не менее	80	100	120
Влажность, % по массе, не более	2	2	2
Содержание органических веществ, % по массе, не более	2	2	2

Таблица 30

Показатели	Маты марок			
	75	125	175	225
Плотность, кг/м <sup>3</sup> , не более	75	125	175	225
Теплопроводность, Вт/(м·К), не более, при температуре 298±5К	0,047	0,049	0,052	0,054
398±5К	0,077	0,072	0,070	-
Сжимаемость, %, не более	20	12	4	-
Сжимаемость после сорбционного увлажнения, %	26	16	6	-
Прочность на сжатие при 10%-й деформации, МПа, не менее	-	-	-	0,04
То же после сорбционного увлажнения, МПа	-	-	-	0,03
Водопоглощение, % по массе, не более	-	-	-	30
Содержание органических веществ, % по массе, не более	3	4	5	6
Влажность, % по массе, не более	1	1	1	1

Таблица 31

Показатели	ППЖ марки 200	ППЖ-ГС	
		марка 175	марка 200
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	200±25	175±15	200± <sup>25</sup> <sub>10</sub>
Теплопроводность, Вт/(м·К), при средней температуре 25±5°С, не более	0,052	0,051	0,053
Прочность на сжатие при 10%-й деформации, МПа, не менее	0,10	0,045	0,06
То же после сорбционного увлажнения, МПа	0,08	0,03	0,045
Содержание органических веществ, % по массе, не более	10	7	7
Водопоглощение, % по массе, не более	30	40	30
Влажность, % по массе, не более	1	1	1

При изготовлении плит из тонкого и супертонкого базальтового (минерального) волокна из гидромассы на глиняном связующем (бентонитовая глина с каустической содой и гидрофобизатором) получены изделия с физико-механическими показателями, представленными в табл. 32.

Таблица 32

Показатели	Плиты марок	
	П130	П150
Плотность, кг/м <sup>3</sup> , не более	130	150
Прочность при расслоении, МПа, не менее	0,002	0,004
Прочность при 10%-й деформации, МПа	0,015	0,040
Теплопроводность при температуре 25±5°С, Вт/(м·К), не более	0,045	0,045
Гигроскопичность за 24 ч, %, не более	3,0	3,0
Капиллярная впитываемость (подъем воды по высоте), мм, не более	20	25
Горючесть	Негорючие	

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования сырьевой базы горных пород на разрабатываемых и подготовленных к разработке месторождениях свидетельствуют о наличии на территории России больших запасов горных пород габбро-базальтовой группы, которые могут быть использованы в качестве сырья для производства высококачественных минеральных волокон и изделий на их основе по различным технологиям.

В европейской части России месторождения указанных горных пород (габбро-диабаз, порфирит, базальт) расположены в республиках Карелия, Коми, Башкортостан, Северная Осетия-Алания и в Архангельской области.

В Центральном, Центрально-Черноземном регионах и в Поволжье отсутствуют месторождения горных пород габбро-базальтовой группы, поэтому расположенным здесь предприятиям рекомендуется использовать габбро-диабаз месторождения «Голодай Гора», порфирит пироксеновый хавчозерский (Республика Карелия) и базальт месторождения «Мяндуха» (Архангельская обл.). Предприятиям Волго-Вятского региона и Поволжья целесообразно применять базальт вежаю-ворыквинский (Республика Коми) или габбро-диабаз круторожинский (Оренбургская обл.); а предприятиям южных регионов - габброиды Республики Северная Осетия-Алания и других республик Северного Кавказа.

Для двухкомпонентных шихт в качестве корректирующей добавки к исходному сырью можно рекомендовать местные карбонатные породы - известняки или доломиты. Разрабатываемые месторождения карбонатных пород имеются практически во всех субъектах Российской Федерации.

Наибольшее количество разрабатываемых месторождений горных пород габбро-базальтовой группы расположено на Урале, Крайнем Севере, юге Западной и Восточной Сибири, Забайкалье и Дальнем Востоке. Месторождения горных пород в этих регионах, а также на Сахалине и Камчатке, несмотря на значительные запасы указанного сырья, характеризуются небольшими мощностями разрабатываемых карьеров, что обусловлено трудностями, связанными с транспортировкой сырья. Добываемое на этих карьерах сырье используется предприятиями, находящимися вблизи месторождений.

Теплоизоляционные изделия из базальтового волокна (вата, маты, плиты, скорлупы) обладают уникальными характеристиками и имеют широкие области применения. По цене и качеству они конкурентоспособны с лучшими образцами ведущих зарубежных производителей волокнистой теплоизоляции.

Базальтоволокнистые утеплители из супертонкого и тонкого штапельного волокна принадлежат к числу перспективных материалов XXI века, сочетающих в себе экологическую чистоту, долговечность и пожаробезопасность.

### Список литературы

*Вагапова Р. В.* Минеральная вата на основе горных пород // Строительные Материалы. - 1971. - № 4.

*Вагапова Р. В., Пономарев В. Б.* Исследование местных видов сырья для производства минеральной ваты на Дальнем Востоке // Сб. трудов «Промышленная тепловая изоляция». - М.: ВНИПИТеплопроект, 1985.

*Василяускас В. М.* Сырьевые материалы для производства минеральной ваты // Справочник по производству теплозвукоизоляционных материалов / Под ред. Ю. Л. Спирина. - М.: Стройиздат, 1975.

*Вельсовский В. Н. и др.* Минераловатные утеплители. - М.: Госстройиздат, 1963.

Волокнистые материалы из базальтов Украины: Сб. трудов Украинского филиала ВНИИСПВ. - Киев: Техника, 1971.

*Григорович М. Б.* Минерально-сырьевая база промышленности строительного камня. - М.: Недра, 1972.

*Джигирис Д. Д., Махова М. Ф., Сергеев В. П.* Базальтоволокнистые материалы. - М.: ВНИИЭСМ, 1989. (Сер. Промышленность полимерных, мягких кровельных и теплоизоляционных строительных материалов: Обзор. информ.; Вып. 3).

*Джигирис Д. Д.* Перспективы развития производства базальтовых волокон и области их применения // Строительные материалы. - 1979. - №10.

*Китайцев В. А.* Технология теплоизоляционных материалов. - М.: Госстройиздат, 1965.

*Пономарев В. Б., Артемьев В. М., Сандлер В. Г.* Современное производство и области применения тепло- и звукоизоляционных материалов. - М.: ВНИИЭСМ, 2000. (Сер. Промышленность полимерных, мягких кровельных и теплоизоляционных строительных материалов: Аналит. обзор; Вып. 3-4).

*Пономарев В. Б.* Базальтовые утеплители и перспективы их производства в России // Гидроизоляция. Теплоизоляция. Кровля (ГиТеК). - 2001. - №4.

*Пономарев В. Б., Вагапова Р. В., Фетисов В. В. и др.* Новые научно-технические разработки в минераловатном производстве. - М.:

ВНИИЭСМ, 1993. (Сер. Промышленность полимерных, мягких кровельных и теплоизоляционных строительных материалов: Аналит. обзор; Вып. 1).

Систематизированный свод данных (кадастр) о сырьевых материалах, пригодных для производства минеральной ваты. - М.: ВНИПИТеплопроект, 1970.

Сырье для производства минеральной ваты в СССР: Каталог-справочник. - Вильнюс: ВНИИТеплоизоляция, 1977. — 106 с.

**ПЕРЕЧЕНЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРНЫХ ПОРОД  
ГАББРО-БАЗАЛЬТОВОЙ ГРУППЫ  
И КАРБОНАТНЫХ ПОРОД РОССИИ**

***Горные породы габбро-базальтовой группы***

Амфиболит джимидонский  
Амфиболит соколовский  
Андезито-базальт хаджинский  
Базальт булатовский  
Базальт Васильевский  
Базальт вежаю-ворыквинский  
Базальт забайкальский  
Базальт месторождения «Илюшкин Ключ»  
Базальт караканский  
Базальт марусинский  
Базальт месторождения «Мяндуха»  
Базальт месторождения «Наледное»  
Базальт свиягинский  
Базальт месторождения «Солнечное»  
Базальт усковский  
Базальт члянский  
Базальт-долерит кайерканский  
Базальт долеритовый назаровский  
Базальт порфиритовый учалинский  
Вариолит бугультинский  
Габбро баженовское  
Габбро березовское  
Габбро песчанское  
Габбро притрассовое  
Габбро-диорит малетинский  
Габбро-диабаз месторождения «Голодай Гора»  
Габбро-диабаз месторождения «Гора Змеевая»  
Габбро-диабаз круторожинский  
Габбро-диабаз ломовский  
Габбро-диабаз месторождения «Роп-Ручей»  
Габбро-диабаз синарский  
Габбро-диабаз месторождения «Сухое»  
Габбро-диабаз татаканский  
Габбро-диабаз турминский

Габбро-долерит угледарский  
Габброид дзамарашский  
Габбро-норит меланократовый месторождения «Малые Ключи»  
Горнблендит первоуральский  
Диабаз ачинский  
Диабаз буготакский  
Диабаз месторождения «Горное»  
Диабаз месторождения «Диабазовое»  
Диабаз еловский  
Диабаз западно-кондопожский  
Диабаз месторождения «Сопка Петровская»  
Диабаз среднеалдынский  
Диабаз тогучинский  
Диорит кварцевый новосмолинский  
Долерит усть-нюринский  
Метабазальт месторождения «Дорожное»  
Ортоамфиболит тарыннахский  
Порфирит тягунский  
Порфирит базальтовый новотуринский  
Порфирит диабазовый симакинский  
Порфирит пироксеновый хавчозерский

### ***Карбонатные (осадочные) породы***

Доломит березовский  
Доломит берцовский  
Доломит гремячевский  
Доломит ершовский  
Доломит зун-шибирский  
Доломит иргизский I  
Доломит иргизский II  
Доломит ковровский  
Доломит липкинский  
Доломит макарьевский  
Доломит месторождения «Осуга»  
Доломит роговицкий  
Доломит слюдянский  
Доломит сотниковский  
Доломит чинья-ворыквинский  
Доломит шелковский  
Доломит александровский  
Известняк альдермышский

Известняк баталинский  
Известняк беловский  
Известняк бельгопский  
Известняк бестяхский  
Известняк билютинский  
Известняк гомонский  
Известняк губахинский  
Известняк гуровский  
Известняк длинногорский  
Известняк карагайлинский  
Известняк кузнецовский  
Известняк лондоковский  
Известняк луньевский  
Известняк мозжухинский  
Известняк ново-пристанский  
Известняк орлецкий  
Известняк платоновский  
Известняк торгашинский  
Известняк урусовский  
Известняк федоровский  
Известняк храповицкий  
Известняк худалазский  
Известняк шипуновский  
Известняк юньячинский  
Известняк доломитизированный иссинский  
Известняк доломитизированный леметский  
Известняк доломитизированный суровский  
Известняк доломитизированный турдейский  
Известняк доломитизированный храповицкий

**ВЫДЕРЖКИ ИЗ ТЕКСТА ДИРЕКТИВЫ 97/69/ЕС  
ЕВРОПЕЙСКОЙ КОМИССИИ**

(перевод с английского текста,  
размещенного на Интернет-сайте  
<http://europe.eu.int>)

*Настоящая Директива от 5 декабря 1997 г. является 23-й поправкой, учитывающей результаты научно-технического прогресса, к Директиве 67/548/ЕЕС, упорядочивающей законы, правила и административные нормы, связанные с классификацией, упаковкой и маркировкой опасных веществ (Текст согласован с ЕЕА).*

Официальный журнал L343,  
13/12/1997;  
стр. 0019-0024

- Комиссия Европейского союза,
- основываясь на тексте Договора, учреждающего Европейский союз;
  - основываясь на тексте Директивы 67/548/ЕЕС от 27 июня 1967 г., упорядочивающей законы, правила и административные нормы, связанные с классификацией, упаковкой и маркировкой опасных веществ (1), с учетом последней поправки, внесенной Директивой 95/56/ЕС Европейского парламента и совета (2), и, в особенности, статьей 28 данной Директивы;
    - с учетом того, что Приложение I к Директиве 67/548/ЕЕС содержит список опасных веществ вместе с особенностями их классификации и маркировки в отношении каждого вещества или группы веществ;
    - основываясь на том, что результаты лабораторных исследований показали, что некоторые виды стекловидных (силикатных) искусственных минеральных волокон имеют канцерогенное воздействие, принимая во внимание данные медицинских обследований, указывающих на возможное влияние стекловидных (силикатных) искусственных минеральных волокон на здоровье человека;
    - отмечая, что требуется включить в список опасных веществ, содержащийся в приложении 1 к вышеупомянутой Директиве, некоторые виды стекловидных (силикатных) искусственных минеральных волокон; принимая во внимание необходимость

изменения Предисловия к Приложению I, путем включения в него ссылок и пояснений, касающихся распознавания, классификации и маркировки стекловидных (силикатных) искусственных минеральных волокон;

- принимая во внимание, что на сегодняшнем уровне знаний, при определенных обстоятельствах можно считать справедливым не относить к канцерогенным некоторые виды стекловидных (силикатных) минеральных волокон; в то время как такая возможность должна быть рассмотрена в свете результатов научных и технических разработок, прежде всего, в области исследований на канцерогенность;

- принимая во внимание, что меры, предусмотренные в настоящей Директиве, находятся в согласии с позицией Комитета по соответствию Директив результатам технического прогресса с целью устранения технических препятствий в области торговли опасными веществами и смесями на их основе, приняла настоящую Директиву:

#### Статья 1

В Директиву 67/548/ЕЕС вносятся следующие поправки:

1. В текст Приложения I вносятся следующие поправки:

(с) К Предисловию добавляются следующие примечания Q и R.

#### Примечание Q:

Вещество может быть исключено из категории веществ, обладающих канцерогенным воздействием, если для него выполняются следующие условия:

- кратковременное испытание на биостойкость показало, что волокна длиннее 20 микрон, при их вдыхании, имеют усредненный период жизни меньше, чем 10 дней, или

- кратковременное испытание на биостойкость показало, что, при внутритрахеальном попадании волокна длиннее 20 микрон имеют усредненный период жизни меньше, чем 40 дней, или

- соответствующее испытание, при внутрибрюшинном попадании, не выявило избыточного канцерогенного воздействия, или

- отсутствуют патогенные изменения при проведении соответствующего длительного испытания на вдыхание.

#### Примечание R:

Волокно может быть исключено из категории веществ, обладающих канцерогенным воздействием, если его усредненный по длинам волокон средний геометрический диаметр за вычетом двух среднеквадратических погрешностей превышает 6 микрон;

#### Статья 2

В течение 5 лет после вступления в силу настоящей Директивы Комиссия оценит новые результаты научных исследований и примет меры по исключению из текста Примечания Q или внесению в него поправок.

### Статья 3

1. Не позднее 16 декабря 1998 г., государства-участники должны привести в исполнение законы, правила и административные нормы, предусмотренные настоящей Директивой. Государства-участники должны незамедлительно уведомить комиссию о подобном исполнении. Процедура исполнения государствами участниками должна включать ссылку на данную Директиву или сопровождаться ссылкой во время официальной публикации о принятых мерах. Форма ссылки определяется государствами-участниками.

2. Независимо от условий Статьи 1 государства-участники разрешают обращение на рынке продукции с маркировкой, содержащей слова "EEC number" или "EEC label" до 31 декабря 2000 г.

### Статья 4

Данная Директива вступает в силу на третий день после ее публикации в официальной газете Европейской комиссии.

### Статья 5

Данная Директива предназначена для государств-участников.  
*Совершено в Брюсселе, 5 декабря 1997 г.*

*Официальные публикации:*

(1). OJ L 196, 16. 8.1967, с.1.

(2). OJ L 236, 16. 9.1996, с. 35.

## Приложение

CAS № - EC № - № 650-016-00-0-2 Примечание A Примечание Q Примечание R	Минеральная вата, за исключением видов, специально указанных в настоящем Приложении: [стекловидные (силикатные) искусственные минеральные волокна со случайной ориентацией и содержанием щелочных и щелочно-земельных оксидов ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO}+\text{MgO}+\text{BaO}$ ) более 18 вес. %].
CAS №- EC №- № 650-017-00-8 Примечание A Примечание R	Жаростойкие керамические волокна; волокна специального назначения, за исключением видов, специально указанных в настоящем Приложении: [стекловидные (силикатные) искусственные минеральные волокна со случайной ориентацией и содержанием щелочных и щелочноземельных оксидов ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO}+\text{MgO}+\text{BaO}$ ) равным или менее 18 вес. %].

*Данная публикация не является официальной публикацией документа. Публикуется в сокращенном виде. Оригинал документа предоставлен Центром Госсанэпиднадзора в Пермской области (главный врач Сбоев А. С.).*

Зарегистрировано в Минюсте РФ 19 мая 2003 г. N 4568

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГЛАВНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ САНИТАРНЫЙ ВРАЧ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ПОСТАНОВЛЕНИЕ**  
**от 30 апреля 2003 г. N 76**

**О ВВЕДЕНИИ В ДЕЙСТВИЕ ГН 2.2.5.1313-03**

На основании Федерального закона “О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения” от 30 марта 1999 г. N 52-ФЗ (Собрание законодательства Российской Федерации, 1999, N 14, ст. 1650) и Положения о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 г. N 554 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2000, N 31, ст. 3295) постановляю:

Ввести в действие с 15 июня 2003 года гигиенические нормативы “Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны ГН 2.2.5.1313-03”, утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 27 апреля 2003 г.

Г. Г. ОНИЩЕНКО

Утверждаю  
Главный государственный санитарный врач  
Российской Федерации,  
Первый заместитель Министра здравоохранения  
Российской Федерации  
Г. Г. ОНИЩЕНКО

27.04.2003

Дата введения: 15 июня 2003 года

## **ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ**

### **ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ (ПДК) ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ**

#### **Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313-03**

#### **I. Общие положения и область применения**

1.1. Гигиенические нормативы предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (далее - Нормативы) разработаны в соответствии с Федеральным законом "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" от 30 марта 1999 года N 52-ФЗ (Собрание законодательства Российской Федерации, 1999, N 14, ст. 1650) и Положением о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 года N 554 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2000, N 31, ст. 3295).

1.2. Настоящие Нормативы действуют на всей территории Российской Федерации и устанавливают предельное допустимое содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

1.3. Настоящие Нормативы распространяются на рабочие места, независимо от их расположения (в производственных помещениях, в горных выработках, на открытых площадках, транспортных средствах и т.п.).

1.4. Настоящие Нормативы используются при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования и вентиляции, для обеспечения производственного контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих вредных химических веществ.

1.5. Настоящие Нормативы установлены на основании комплексных токсиколого-гигиенических и эпидемиологических исследований с учетом международного опыта.

**ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ (ПДК)  
ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ**

N п/п	Наименование вещества	N CAS	Формула (не приводится)	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства	Класс опасности	Особен- ности действия на организм
1	2	3	4	5	6	7	8
4	Азота диоксид	10102-44-0		2	п	3	О
5	Азота оксиды (в пересчете на NO <sub>2</sub> )			5	п	3	О
36	диАлюминий триоксид с примесью кремний диоксида (в виде аэрозоля конденсации)			5/2	а	3	Ф
42	Алюмосиликат	1302-76-7		-/6	а	4	Ф
166	Аммиак	7664-41-7		20	п	4	Ф
340	Боксит, нефелин, слек			-/4	а	3	Ф
341	Бокситы	1318-16-7		-/6	а	4	Ф

1	2	3	4	5	6	7	8
342	Бокситы низкокремнистые, слек			5/2	a	3	Ф
595	Глиноземное волокно, искусственное поликристаллическое, в том числе с содержанием до 0,5% оксида хрома (III)			-/6	a	4	Ф
604	Датолитовый концентрат			-/4	a	3	Ф
992	Доломит	7000-29-5		-/6	a	4	Ф
995	Дунитоперидотитовые пески			-/6	a	4	Ф
998	Железный агломерат			-/4	a	3	Ф
999	Железо	7439-86-9		-/10	a	4	Ф
1005	Железо-иттриевые гранаты, содержащие гадолиний и/или галлий			-/10	a	4	Ф
1006	Железородные окатыши горючих сланцев			-/4	a	3	Ф
1007	Зола			-/4	a	3	Ф
1008	Известняк	13397-26-7		-/6	a	4	Ф
1057	+ Кальций оксид	1305-78-8		1	a	2	

1	2	3	4	5	6	7	8
1058	Кальций оксида силикат	12168-85-3		-/4	a	3	Ф
1075	Керамика			5/2	a	3	Ф
1119	Кремнеземистый сплав			-/4	a	3	Ф
1120	Кремний диоксид аморфный в смеси с оксидами марганца в виде аэрозоля конденсации с содержанием каждого из них не более 10%			3/1 <*>	a	3	Ф
1121	Кремний диоксид аморфный в виде аэрозоля конденсации при содержании более 60%			3/1 <*>	a	3	Ф
1122	Кремний диоксид аморфный в виде аэрозоля конденсации при содержании от 10 до 60%			6/2 <*>	a	3	Ф
1123	Кремний диоксид аморфный и стеклообразный в виде аэрозоля дезинтеграции (диатомит, кварцевое стекло, плавленый кварц, трепел)			3/1 <*>	a	3	Ф
1124	Кремний диоксид кристаллический (кварц, кристобалит, тридимит) при содержании в пыли более 70% (кварцит, динас и др.)			3/1 <*>	a	3	Ф

1	2	3	4	5	6	7	8
1125	Кремний диоксид кристаллический при содержании в пыли от 10 до 70% (гранит, шалот, слюда-сырец, углеродная пыль и др.) а) искусственное минеральное волокно (волоконистый карбид кремния)			6/2 <*> 2/0,5	a a	3 3	Ф Ф
1126	Кремний диоксид кристаллический при содержании в пыли от 2 до 10% (горючие кукерситные сланцы, медно-сульфидные руды и др.)			-/4 <*>	a	3	Ф
1131	Криолит (по фтору)	15096-52-3		1/0,2	a	2	
<hr/> <*> ПДК для общей массы аэрозолей.							
1443	Молибден силицид	12058-19-4		-/4	a	3	Ф
1500	Нефелин	1302-72-3		-/6	a	4	Ф
1501	Нефелиновый сиенит			6	a	4	
1555	Озон	10028-15-6		0,1	п	1	О

1	2	3	4	5	6	7	8
1615	Ортокремниевая кислота (коллоидный раствор по сухому остатку) в смеси: а) с плавленным кварцем (кварцевым стеклом) б) с цирконом			3/1 6/2	а а	3 3	Ф Ф
1646	Периклазохромитовых и хромитопериклазовых огнеупорных изделий пыль			-/4	а	4	Ф, А
1694	Полиминеральная калийная руда с содержанием $\text{SiO}_2$ до 10%			5	а	3	
1758	Пыль доменного шлака			-/6	а	4	Ф
1759	Пыль растительного и животного происхождения: а) с примесью диоксида кремния от 2 до 10% б) зерновая в) лубяная, хлопчатобумажная хлопковая, льняная, шерстяная, пуховая и др. (с примесью диоксида кремния более 10%) г) мучная, древесная и др. (с примесью диоксида кремния менее 2%)			-/4 -/4	а а	4 3	А, Ф А, Ф
				-/2	а	4	А, Ф
				-/6	а	4	А, Ф

1	2	3	4	5	6	7	8
	д) хлопковая мука (по белку)			-/0,5	a	3	A
1790	Сера	7704-34-9		-/6	a	4	Ф
1791	Сера гексафторид	2551-62-4		5000	п	4	
1792	+ диСера декафторид	5714-22-7		0,1	п	1	О
1793	+ Сера диоксид	7446-09-5		10	п	3	
1794	+ Сера дихлорид	10545-99-0		0,3	п	2	
1795	+ диСера дихлорид	10025-67-9		0,3	п	2	
1796	(Т-4) Сера тетрафторид	7782-60-0		0,3	п	2	О
1797	+ Сера триоксид	7446-11-9		1	п	2	
1802	Силикатсодержащие пыли, силикаты, алюмосиликаты: а) асбесты природные (хризотил, антофиллит, актинолит, тремолит, магнезиарфведсонит) и синтетические асбесты, а также смешанные асбестопородные пыли при содержании в них асбеста более 20%			2/0,5	a	3	Ф, К

1	2	3	4	5	6	7	8
	<p>б) асбестопородные пыли при содержании в них асбеста от 10 до 20%</p> <p>в) асбестопородные пыли при содержании в них асбеста менее 10%</p> <p>г) асбестоцемент неокрашенный и цветной при содержании в нем диоксида марганца не более 5%, оксида хрома не более 7%, оксида железа не более 10%</p> <p>д) асбестобакелит, асбесторезина</p> <p>е) слюды (флагопит, мусковит), тальк, талькопородные пыли (природные смеси талька с тремолитом, актинолитом, антофиллитом и др.), содержащие до 10% свободного диоксида кремния</p> <p>ж) муллитовые (неволоконистые) огнеупоры, искусственные минераловолокна силикатные стеклообразной структуры (стекловолокно, стекловата, вата минеральная и шлаковая, муллитокремнеземистые, не содержающие до 5% Cr+3)</p>			<p>2/1</p> <p>4/2</p> <p>6/4</p> <p>-/4</p> <p>-/4</p>	<p>a</p> <p>a</p> <p>a</p> <p>a</p> <p>a</p>	<p>3</p> <p>3</p> <p>3</p> <p>3</p> <p>3</p>	<p>Ф, К</p> <p>Ф, К</p> <p>Ф, К</p> <p>Ф</p> <p>Ф</p> <p>Ф</p>

1	2	3	4	5	6	7	8
	з) высокоглиноземистая огнеупорная глина, цемент, оливин, апатит, глина, шамот каолиновый и) силикаты стеклообразные вулканического происхождения (туфы, пемза, перлит) к) цеолиты (природные и искусственные) л) дуниты и изготавливаемые из них магnezально-силикатные (форстеритовые) огнеупоры м) пыль стекла и стеклянных строительных материалов						
1803	Силлиманит	12141-45-6		-/8	a	4	Ф
1819	Стеклокристаллический цемент (по свинцу)			-/4	a	3	Ф
1820	Стеклопластик на основе полиэфирной смолы			6/2	a	3	Ф
1910	Тетраэтилсвинец	78-00-2		-/6	a	4	Ф
1925	Титан диоксид	13463-67-7		0,05	a	1	О
2057	Углерод оксид	630-08-0		5	a	3	О
				0,005	п	1	Ф
				-/10	a	4	Ф
				20 <*>	п		О

1	2	3	4	5	6	7	8
2059	<p>Углерода пыли:</p> <p>а) коксы каменноугольные, пековые, нефтяные, сланцевые</p> <p>б) антрацит с содержанием свободного диоксида кремния до 5%</p> <p>в) другие ископаемые угли и углеродные пыли с содержанием свободного диоксида кремния до 5%</p> <p>г) алмазы природные и искусственные</p> <p>д) алмазы металлизированные</p> <p>е) сажи черные промышленные с содержанием бенз(а)-пирена не более 35 мг/кг</p> <p>ж) углеродные волокнистые материалы на основе + гидратцеллюлозных волокон</p> <p>з) углеродные волокнистые материалы на основе + полиакрилонитрильных волокон</p>			-/6 -/6 -/10 -/8 -/4 -/4	a a a a a a	4 4 4 4 3 3	Ф Ф Ф Ф Ф Ф, К
2097	<p>Фенолформальдегидные смолы (летучие продукты):</p> <p>а) контроль по фенолу</p>			0,1	п	2	А

1	2	3	4	5	6	7	8
	б) контроль по формальдегиду +			0,05	п	2	A
2108	Формальдегид	50-00-0		0,5	п	2	O, A
2273	Циркон	14940-68-2		-/6	a	4	Ф
2284	Шамотнографитовые огнеупоры			-/2	a	3	Ф
2285	Шлак угольный молотый, строительные материалы на его основе: шлакоблоки, шлакозит и др.			-/4	a	4	Ф
2286	Шлак, образующийся при выплавке низколегированных сталей (неволокнистая пыль)			-/6	a	4	Ф
2311	Этанол	64-17-5		2000/1000	п	4	

<\*> При длительности работы в атмосфере, содержащей оксид углерода, не более 1 ч предельно допустимая концентрация оксида углерода может быть повышена до 50 мг/м<sup>3</sup>, при длительности работы не более 30 мин. - до 100 мг/м<sup>3</sup>, при длительности работы не более 15 мин. - до 200 мг/м<sup>3</sup>. Повторные работы при условиях повышенного содержания оксида углерода в воздухе рабочей зоны могут проводиться с перерывом не менее чем в 2 ч.

Примечание. Названия индивидуальных веществ в алфавитном порядке приведены, где это было возможно, в соответствии с правилами Международного союза теоретической и прикладной химии, ИЮПАК (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC) (графа 2) и обеспечены регистрационными номерами Chemical Abstracts Service (CAS) (графа 3) для облегчения идентификации веществ.

В графе 4 приведены формулы веществ.

Величины Нормативов приведены в мг вещества на 1 м<sup>3</sup> воздуха (графа 5).

Если в графе “Величина ПДК” приведено два Норматива, то это означает, что в числителе максимальная разовая, а в знаменателе - среднесменная ПДК, прочерк в числителе означает, что Норматив установлен в виде средней сменной ПДК. Если приведен один Норматив, то это означает, что он установлен как максимальная разовая ПДК.

В графе 6 указано преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства (пары, аэрозоль и их смесь).

В соответствии с классификацией ГОСТ 12.1.007-76. “ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности” вещества разделены на четыре класса опасности (графа 7):

1 класс - чрезвычайно опасные

2 класс - высокоопасные

3 класс - опасные

4 класс - умеренно опасные.

В графе 8 “Особенности действия на организм” специальными символами выделены вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе, канцерогены, аллергены и аэрозоли, преимущественно фиброгенного действия.

Использованы следующие обозначения:

О - вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе;

А - вещества, способные вызывать аллергические заболевания в производственных условиях;

К - канцерогены;

Ф - аэрозоли преимущественно фиброгенного действия;

п - пары и/или газы;

а - аэрозоль;

п + а - смесь паров и аэрозоля;

+ - соединения, при работе с которыми требуется специальная защита кожи и глаз; символ проставлен вслед за наименованием вещества;

++ - вещества, при работе с которыми должен быть исключен контакт с органами дыхания и кожей при обязательном контроле воздуха рабочей зоны утвержденным методом на уровне чувствительности не менее  $0,001 \text{ мг/м}^3$ . Для таких веществ значения ПДК не приводятся, а указывается только класс опасности и агрегатное состояние в воздухе.

Для удобства пользования Нормативами приведен указатель наиболее распространенных технических, торговых и фирменных названий веществ и их синонимов (приложение 1); указатель формул веществ (приложение 2) и номеров CAS (приложение 3).

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие научного редактора .....	3
Введение .....	7
Основные требования к сырьевым материалам .....	8
Размещение месторождений сырья для производства минерального волокна из горных пород .....	11
Горные породы габбро-базальтовой группы .....	11
Осадочные горные породы .....	26
Характеристика некоторых разрабатываемых месторождений горных пород габбро-базальтовой группы ...	38
Рекомендации по использованию габбро-базальтового сырья для производства минерального волокна в различных регионах России .....	55
Методика расчета состава шихт .....	60
Рекомендуемые шихты на основе горных пород габбро-базальтовой группы .....	61
Технические характеристики минеральных волокон и изделий на их основе .....	64
Заключение .....	72
Список литературы .....	73
П р и л о ж е н и е 1. Перечень горных пород габбро-базальтовой группы и карбонатных пород месторождений России .....	75
П р и л о ж е н и е 2. Выдержки из текста директивы 97/69/ЕС Европейской комиссии .....	78
П р и л о ж е н и е 3. Выдержки из гигиенических нормативов “Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны ГН 2.2.5.1313-03” .....	81



ББК 35.437.2 УДК 679.8/9 Б17

Научное издание

Печатается по решению Ученого совета ИИЕТ РАН. протокол № 23 от 13 марта 2003 г.

Базальтовая вата: история и современность (Сборник материалов).—

Пермь, 2003— 124 с.

Научный редактор-составитель к. г.-м. н. А. Н. Земцов. Составители: А. Н. Земцов, С. И. Огарышев

В сборнике собраны материалы по истории развития и современному состоянию научно-исследовательских работ в области производства базальтовых аморфных материалов. Материалы представляют интерес в свете решения проблем сертификации минеральных волокон, определения их эксплуатационной стойкости и развития технического регулирования на предприятиях отрасли. Особое внимание составители уделили фундаментальным по постановке целей и задач исследований работам, выполненным в прошлые годы в СССР, приоритетное значение которых становится понятным по мере успешного развития базальтовых технологий.

Большинство представленных в сборнике материалов размещено в электронной форме на Интернет-сайте [www.basalt.permonline.ru](http://www.basalt.permonline.ru). Современные публикации предоставлены авторами с разрешением на повторную публикацию. Архивные материалы получены от руководства соответствующих учреждений с разрешением использования в исследовательских целях и для преподавания.

Сборник может быть полезен студентам, аспирантам, научным работникам и инженерам минераловатных производств.

Сборник издан при поддержке совместного гранта Российского фонда фундаментальных исследований и администрации Хабаровского края № 01-03-96306 “Релаксационные эффекты и физико-химические свойства аморфных материалов базальтового состава”, грантов РФФИ 02-03-33270, 02-03-33271 и Междисциплинарного научного проекта МГУ им. М. В. Ломоносова № 26 2002 года.

Финансирование издания осуществлено ООО “Теплотроника”, г. Пермь.

ISBN 5-88345-076-8

© Составление, А. Н. Земцов, С. И. Огарышев, 2003.

© Директива ЕС, пресс-релиз МАИР, перевод на русский язык, А. Н. Земцов, 2003

Стоимость сборника – 250 руб. НДС не облагается

По вопросам приобретения обращайтесь, пожалуйста, по телефонам:

(095) 420-14-57

(3422) 12-20-29, 18-22-68, 8-902-47-322-21

электронная почта: [azemtsov@com2com.ru](mailto:azemtsov@com2com.ru), [basalt@basaltech.org](mailto:basalt@basaltech.org)

Цена договорная