



Чувашов Ю. Н.



Дидук И. И.



Ященко О. М.



Кошеленко Н. И.



Красникова Е. С.

**Чувашов Ю. М.**, к.х.н., директор ДП НТЦ «Базальтоволоконні матеріали» ІПМ НАНУ; зав. лабораторії фізико-хімії силікатних систем і технології базальтових волокон ІПМ НАНУ

☎ +38 044 517 09 63 ✉ bavoma@ukr.net

**Дидук І. І.**, зам.директора ДП НТЦ «Базальтоволоконні матеріали» ІПМ НАНУ; ст.н.сп. лабораторії фізико-хімії силікатних систем і технології базальтових волокон ІПМ НАНУ

☎ +38 044 517 09 63 ✉ bavoma@ukr.net

**Ященко О. М.**, к.т.н., ст.н.сп. лабораторії фізико-хімії силікатних систем і технології базальтових волокон ІПМ НАНУ

☎ +38 044 517 09 63 ✉ bavoma@ukr.net

**Кошеленко Н. І.**, мол.н.сп. лабораторії фізико-хімії силікатних систем і технології базальтових волокон ІПМ НАНУ

☎ +38 044 517 09 63 ✉ bavoma@ukr.net

**Краснікова К. С.**, пров. інж. лабораторії фізико-хімії силікатних систем і технології базальтових волокон ІПМ НАНУ

☎ +38 044 517 09 63 ✉ bavoma@ukr.net

**Iurii Chuvashov**, Director of State Enterprase « Scientific Technological Centre» Basalt-fiber materials « IPM NASU; Head of the laboratory of chemical-physical silicate systems and technology of basalt fibers IPM NASU

☎ +38 044 517 09 63 ✉ bavoma@ukr.net

**Iryna Diduk**, Deputy director of State Enterprase « Scientific Technological Centre» Basalt-fiber materials « IPM NASU; Senior Researcher laboratory of chemical-physical silicate systems and technology of basalt fibers IPM NASU

☎ +38 044 517 09 63 ✉ bavoma@ukr.net

**Olga Jashchtshenko**, Senior Researcher laboratory of chemical-physical silicate systems and technology of basalt fibers IPM NASU

☎ +38 044 517 09 63 ✉ bavoma@ukr.net

**Nataliya Koshelenko**, Junior Researcher laboratory of chemical-physical silicate systems and technology of basalt fibers IPM NASU

☎ +38 044 517 09 63 ✉ bavoma@ukr.net

**Ekaterina Krasnikova**, Lead Engineer laboratory of chemical-physical silicate systems and technology of basalt fibers IPM NASU

☎ +38 044 517 09 63 ✉ bavoma@ukr.net

## БАЗАЛЬТОВЫЕ ШТАПЕЛЬНЫЕ ВОЛОКНА И МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ

### БАЗАЛЬТОВІ ШТАПЕЛЬНІ ВОЛОКНА І МАТЕРІАЛИ НА ЇХ ОСНОВІ

### BASALT STAPLE FIBERS AND MATERIALS BASED ON THEM

**Аннотация.** Базальтовые штапельные волокна и материалы на их основе могут использоваться для решения проблем экономии энергопотребления, уменьшения тепловых потерь на промышленных и гражданских объектах, коммунальном хозяйстве и др. Представлены характеристики волокон и материалов.

**Ключевые слова:** базальтовые волокна, характеристики, материалы, плиты, картоны, применение.

**Анотація.** Базальтові штапельні волокна і матеріали на їх основі можуть бути використані для вирішення проблем економії енергоспоживання, зменшення теплових втрат на промислових і цивільних об'єктах, комунальному господарстві та ін. Представлені характеристики волокон і матеріалів.

**Ключові слова:** базальтові волокна, характеристики, матеріали, плити, картони, застосування.

**Annotation.** The paper shows the possibility of using basalt staple fibers and materials based on them to solve problems of saving electricity, reducing heat losses in industrial and civilian facilities, utilities, etc. The characteristics of fibers and materials are presented.

**Key words:** basalt fibers, characteristics, materials, plates, cardboards, application.

Повышение цен на энергоносители вызывает увеличение спроса на теплоизоляционные материалы в разных отраслях хозяйства. При решении проблем экономии электроэнергии, уменьшении тепловых потерь на промышленных и гражданских объектах, коммунальном хозяйстве и др. важен оптимальный выбор теплоизоляционных материалов и изделий.

Анализ теплоизоляционных изделий на рынке Украины показывает отсутствие идеального варианта изоляции с точки зрения универсальности применения и соотношения характеристики – цена – качество.

Особый интерес для решения данной проблемы представляют волокна из горных пород базальтоподобного состава. Базальтовое волокно получают из расплава собственно горных пород – базальтов, а также некоторых близких к нему пород без каких либо добавок. Отличительная особенность базальтовых волокон – натуральность однокомпонентного сырья.

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики базальтовых, минеральных та стеклянных волокон [1-5]. Приве-

денные в таблице 1 характеристики показывают, что наиболее высокой эффективности в энергосбережении можно достичь за счет применения штапельных базальтовых волокон.

Специалистами НАН Украины разработаны и внедрены в производство технологии получения штапельных волокон следующих диаметров, мм (рис.1):

Микротонкие (БМТВ), менее	0,6
Ультратонкие (БУТВ)	0,6-1
Супертонкие (БСТВ)	1-3
Стекломикрористаллические	1-3
Тонкие (БТВ)	5-15
Утолщенные (БУВ)	15-25
Грубые (БГВ)	80-500

В таблице 2 приведены основные характеристики штапельных волокон из горных пород базальтоподобного состава.

Базальтовые волокна – исходное сырье для изготовления разных видов материалов и изделий.

Сравнительные характеристики базальтовых, минеральных та стеклянных волокон

Характеристики	Базальтовые	Минеральные	Стеклянные
Сырье	Базальтоподобные горные породы	Шлаки металлургических производств	Стеклянная шихта
Химическая устойчивость волокон (потеря массы, %)			
2NHCl	2,1	23,0	38,9
2NaOH	2,7	6,3	6,1
H <sub>2</sub> O	1,6	4,5	6,3
Диапазон рабочих температур, °C	-180 ÷ +900	-90 ÷ +600	-60 ÷ +450
Теплопроводность, Вт/м <sup>2</sup> К	0,032 – 0,036	0,04 – 0,047	0,036 – 0,042
Температура спекания, °C	1100	800	600
Паростойкость, до атм	20	15	11
Водопоглощение, 24час., %	0,03	0,95	1,71
Коэффициент звукопоглощения	0,95 – 0,99	0,75 – 0,95	0,80 – 0,93
Вибростойкость (потеря массы при вибрации), %, при температуре			
200°C	-	40	12
450°C	0,03	75	41
900°C	0,45	100	100

Таблица 2.

Основные характеристики штапельных волокон из горных пород базальтоподобного состава

Наименование показателей	Значение для волокон			
	микро-, ультра-, супертонкие штапельные волокна	тонкие штапельные волокна	утолщенные штапельные волокна	грубые волокна
Диаметр волокна, мкм	0,5 – 3,0	7,0 – 22,0	30,0-70,0	80,0-500,0
* Плотность холста, кг/м <sup>3</sup> , не более	25,0	60,0	80,0	-
Массовая доля неволокнистых включений размером свыше 0,25мм, %, не более	8,0	15,0	12,0	-
Влажность, %, не более	2,0	2,0	2,0	-
Теплопроводность, Вт/м К, не более, при				
(298 ± 5) К (25 ± 5) °C	0,038	0,040	0,042	-
(398 ± 5) К (125 ± 5) °C	0,060	0,095	0,102	-
(573 ± 5) К (300 ± 5) °C	0,096	0,195	0,205	-
Химическая устойчивость, %				
H <sub>2</sub> O	-	-	-	99,5-99,8
0,5 N Na OH	-	-	-	96,2-99,8
2 N Na OH	-	-	-	91,8-96,2
* Температура размягчения волокна, °C	1050	1050	1050	1050
*Массовая доля ионов хлора, %, не более	0,03	0,03	0,03	0,03
* Выщелачиваемость в пересчёте на Na <sub>2</sub> O на 5000 см <sup>2</sup> , мг, не более	5,0	5,0	5,0	-
* Температура размягчения волокна, плотность, выщелачиваемость и массовая доля ионов хлора являются справочными показателями и гарантируются технологией изготовления				



Рис. 1. Штапельные волокна из горных пород базальтоподобного состава

Холсты из базальтовых микро-, ультра-, супертонких волокон представляют собой слои хаотически расположенных и переплетенных между собой штапельных волокон, полученных путем формирования первичного базальтового волокна из расплава горных пород с дальнейшим раздувом его в базальтовые штапельные супертонкие волокна и последующим формированием из них холста методом осаждения волокон на сетчатые структуры (рис.2).

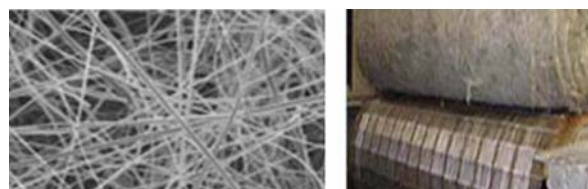


Рис. 1. Базальтовые микро-, ультра-, супертонкие волокна

Ассортимент и отрасли применения изделий из штапельных волокон из горных пород базальтоподобного состава очень разнообразен и зависит от диаметра и длины волокон:

- гибкие полосы, маты, шнуры, картоны, плиты с небольшим содержанием связующего или без него, наличием покрытий или без них;
- полужесткие и жесткие плиты, картоны, а также изделия сложной конфигурации с применением органических и неорганических связующих [7-8].

Структура гибких изделий обеспечивает высокие теплофизические характеристики (таблица 3).

Полужесткие и жесткие плиты, картоны, изделия сложной конфигурации изготавливают на основе супертонких (БСТВ) и тонких волокон (БТВ) с применением органических и неорганических связующих. Для всех изделий характерна экологическая чистота; наиболее перспективны и рекомендованные отрасли применения зависят от технических характеристик.

Расширение областей применения композиционных материалов, обладающих теплоизоляционными свойствами, затрагивает вопросы обеспечения высокого их качества, и в первую очередь, проблему долговечности.

На сегодняшний день в Украине нет единой методики определения долговечности волокнистой композиционной теплоизоляции. Есть лишь нормативные документы, предлагающие методики определения технических показателей, которые оказывают влияние на долговечность строительных материалов.

Важным показателем, от которых зависит долговечность является вибро-, и термостойкость. Особенно это касается судостроения, транспорта, аэрокосмического комплекса, технологического оборудования предприятий и пр.

На рис. 3 представлены теплофизические характеристики плитных материалов на основе базальтовых волокон разного диаметра.

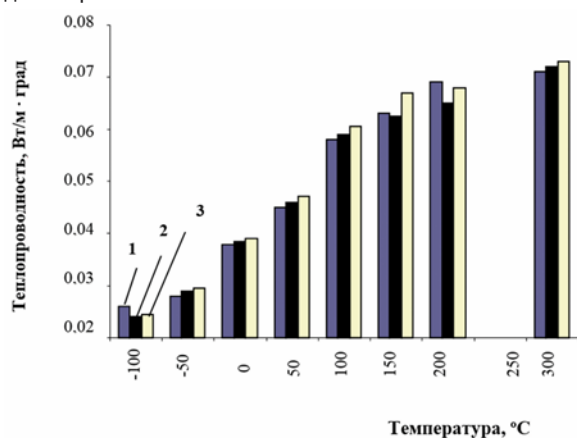


Рис. 3. Зависимость теплопроводности плитных материалов от температуры 1 – плотность 70 кг/м<sup>3</sup>; 2 – 100 кг/м<sup>3</sup>; 3 – 150 кг/м<sup>3</sup>

Диаметр и способ получения волокон, входящих в состав материалов, существенно влияет на характеристики изделий.

Результаты исследований ( $\nu = 50$  Гц,  $A = 1$  мм,  $T = 3$  год.) указывают на максимальную вибростойкость изделий из волокон диаметром до 3 мкм. Они почти не пылят, не осыпаются, виброустойчивы при высоких температурах.

Внедрение новых технологических процессов, увеличение мощностей технологического оборудования, улучшение экологии приводят к отрицательному влиянию на человека шума, вибрации, теплового излучения нагретых поверхностей.

Использование базальтовых волокон может решить многогранный комплекс задач: теплозвукоизоляцию объектов, шумо-, виброизоляцию оборудования, пожаробезопасность и многое другое.

Многие материалы и изделия на основе базальтовых волокон прошли испытания временем в разных отраслях хозяйства Украины, ближнего и дальнего зарубежья, выпускаются промышленностью. К ним относятся маты звукопоглощающие, изготовленные из холстов штапельных ультра-, супертонких волокон с акустически прозрачной обкладкой – стеклянной или кремнеземной тканью (табл. 4). Маты эффективно зарекомендовали себя как звукопоглощающие наполнители в конструкциях шумоглушающих устройств в интервале температур от  $-50$  °C до  $+450$  °C с обкладкой из стеклоткани, от  $-50$  °C до  $+700$  °C с обкладкой из кремнеземной ткани.

Маты прошивные теплозвукоизоляционные изготавливают на основе тонких и утолщенных стеклянных штапельных волокон без обкладки или с обкладкой с одной или с двух сторон (табл. 5). Применяют для тепловой изоляции конструкций в гражданском, жилищном и промышленном строительстве, при изготовлении звукопоглощающих и звукоизоляционных конструкций, фильтров газовоздушных и жидких сред и пр.

Базальтовые шнуры изготавливают из базальтовых ультра- и супертонких волокон и оплетки сердцевины ровингом из базальтовых стеклянных комплексных нитей или стеклонитей. Применяют для тепловой изоляции агрегатов, трубопроводов и теплопроводных систем общего и специального назначения в различных отраслях хозяйства (табл. 6).

Для тепло-, и звукоизоляции промышленных установок, бытовой техники, закрытой изоляции в многослойных конструкциях различных отраслей хозяйства, изготовления панелей отделки судовых помещений в качестве тепловой и звуковой изоляции, внешней и внутренней изоляции поверхностей строительных конструкций жилых и промышленных зданий и сооружений, различных видов пассажирских и грузовых транспортных средств и др. используют картоны и плиты из базальтовых тонких, ультра- и супертонких штапельных волокон глинистого или (композиционного) связующего (табл. 7, 8).

Таблица 3.

Теплофизические характеристики гибких изделий на основе базальтовых штапельных волокон

Показатель	Норма для разных марок
Теплопроводность, Вт/м К, при (298 ± 5) К (25 ± 5) °C (398 ± 5) К (125 ± 5) °C (573 ± 5) К (300 ± 5) °C	0,036 – 0,05 0,068-0,08 0,115-0,125
Температура применения, °C	$-50 \div +750$ (зависит от покрытия)

Таблица 4.

Характеристики звукопоглощающих матов

Диапазон частот	Нормальный коэффициент звукопоглощения			
	Толщина мата, мм			
	30	50	100	200
Низкочастотные (Н)	0,05-0,17	0,11-0,38	0,22-0,82	0,85-0,70
Среднечастотные (С)	0,17-0,38	0,38-0,68	0,82-0,72	0,70-0,74
Высокочастотные (В)	0,88-0,75	0,68-0,77	0,72-0,82	0,74-0,84
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	22 ÷ 64			

## Характеристики матов прошивных теплозвукоизоляционных

Наименование показателей	Норма
Геометрические размеры, мм: длина ширина толщина	500 – 5000 500 – 2000 10 – 100
Сорбционная влажность, %, не более	3
Влажность, %, не более	1,0
Температура применения, °С	-250 ÷ +700
Теплопроводность, Вт/м К, не более, при (298 ± 5) К (25 ± 5) °С (398 ± 5) К (125 ± 5) °С (573 ± 5) К (300 ± 5) °С	0,046 0,106 0,210
* Температура размягчения волокна, °С	1050
* Плотность, кг/м <sup>3</sup> , не более	100,0
* Коэффициент фильтрации, см/с, не менее	0,10-0,95
* Коэффициент звукопоглощения в диапазоне частот, Гц, не менее (100-250) Гц (250-1000) Гц (1000-4000) Гц	0,08 0,18 0,42
* Температура размягчения волокна, плотность, являются справочными показателями и гарантируются технологией изготовления.	

Таблица 6.

## Характеристики шнуров из базальтовых волокон

Наименование показателей	Норма
Геометрические размеры: длина, м диаметр, мм	5-20 6-40
Линейная плотность, г/м	115-700
Сорбционная влажность, %, не более	2
Теплопроводность, Вт/м К, не более, при (298 ± 5) К (25 ± 5) °С (398 ± 5) К (125 ± 5) °С (573 ± 5) К (300 ± 5) °С	0,055 0,072 0,1
Температура применения, °С	-250 ÷ +700
Массовая доля ионов хлора, %, не более	0,03%
Не поддаются термической деструкции, не выделяют вредных веществ под действием физических факторов (температура, ультрафиолетовое, др. виды излучений и т.п.)	

Таблица 7.

## Характеристики картонов на основе базальтовых волокон

Наименование показателей	Марки						
	ТК-1	ТЗК-2	ТЗКГ-2	ТК-4	ТКГ-4	ТЗК-6	АТМ-12
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	250-280	280-300	280-300	90-100	140-150	100-120	100-100
Теплопроводность при 25 °С, Вт/(м*К)	0,045-0,046	0,050-0,052	0,050-0,052	0,040-0,041	0,040-0,41	0,040-0,040	0,040-0,041
Сорбционное увлажнение, %, не более	4,0	4,0	4,0	2,0	2,0	3,0	0,2
Массовая доля влаги, %, не более	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	2,0	1,5
Водопоглощение, %, не более	-	-	30-30	-	30-30	-	-
Массовая доля органических веществ, %, не более	-	-	-	4-5	4-5	-	3-4
Динамический модуль упругости, МПа, не более	-	0,5	-	-	0,4	-	-
Предел прочности при растяжении, МПа, не менее	0,32-0,30	0,20-0,15	0,20-0,15	0,07-0,05	0,07-0,05	-	0,07-0,05
Сжимаемость, %, не более	-	-	-	от 6 до 30	4,0-3,0	3,0-2,0	3,0-2,5
Толщина, мм	2-10	5-12	5-12	6-10	3	5-12	4-10
Упругость, %, не менее	-	-	-	90-85	90-85	90-85	90-85
Теплопроводность, Вт (м*К) не более при 125 °С при 300 °С	0,061-0,063 0,085-0,090	0,070-0,072 0,100-0,104	0,070-0,072 0,100-0,104	0,058-0,059 0,080-0,083	0,058-0,059 0,080-0,083	0,058-0,059 0,080-0,082	0,059-0,061 0,083-0,084

## Характеристики плит на основе базальтовых волокон

Наименование показателей	Норма
Плотность кг/м <sup>3</sup>	50-300
Толщина, мм	14-100
Массовая доля влаги, %	0-2,0
Сорбционное увлажнение, %	1,5-5,0
Водопоглощение при частичном погружении, % (для гидрофобизованных плит)	9,0-30,0
Теплопроводность, Вт/м К, при температуре (298 ± 5) К (25 ± 5) °С (398 ± 5) К (125 ± 5) °С (573 ± 5) К (300 ± 5) °С	0,039-0,047 0,054-0,056 0,068-0,072
Сжимаемость, %, не более	6,0-30,0
Предел прочности при изгибе, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не менее (для жестких плит)	0,5 (0,5)

Особый интерес представляют теплоизоляционные (огнезащитные) материалы на основе волокон из горных пород и неорганического связующего. Это качественные негорючие материалы [6].

Теплотехнические испытания базальтоволокнистых плит на глинистом связующем показали фактическую термостойкость их к температуре более 1000 оС (поверхностно). При трехчасовом воздействии потока близкого к тепловому потоку при «стандартном» пожаре, оплавлений, видимых нарушений структуры и потери прочности изделий не происходит, ядовитые (токсичные) вещества не выделяются.

Фактические пределы огнестойкости изолируемых этими изделиями конструкций и элементов инженерных систем повышаются до четырех часов.

Проведенные маркетинговые исследования подтверждают конкурентоспособность базальтоволокнистых материалов с имеющимися на современном рынке теплоизоляционными минераловатными материалами в части огнезащиты зданий, сооружений, газо- и воздухопроводов, емкостей с легковоспламеняющимися жидкостями, нефтедобывающих промыслов и т.п.

Кроме показателей теплоогнестойкости для вышеупомянутых материалов характерны высокие эксплуатационные характеристики.

Сложность определения эксплуатационных свойств (долговечности) обусловлена особенностями структуры – волокнистым каркасом с пористостью 6-95 %, скрепленным в процессе тепловой обработки в изделие с помощью глинистого связующего (7-30 % мас.).

Оценка долгосрочной прочности глинисто-волоконных материалов проводилась после их искусственного старения автоклавной обработкой при 0,2-0,8 МПа по изменению прочности композиции.

Базальтовые штапельные волокна и материалы на их основе, благодаря высоким свойствам, конкурентные в сравнении с лучшими традиционными теплоизоляционными материалами, которые известны в зарубежной практике.

Материалы и изделия на основе волокон из горных пород базальтоподобного состава могут применяться в качестве теплоизоляции, звукоизоляции, пожарной изоляции, фильтров и пр. в:

- авиационной и космической технике;
- энергетике (атомных, тепловых, гидроэлектростанциях);
- машино-, приборостроении для изоляции котлов, печей, холодильных установок, промышленного оборудования, бытовой техники;
- металлургической, химической и автомобильной промышленности, вагоностроении, кораблестроении;
- медицинской технике;
- промышленном и жилищном строительстве (изоляция полов, перегородок, стен, перекрытий, потолков).

Материалы на основе штапельных базальтовых волокон нашли применение в:

- судовой теплоизоляции (корпусов, перегородок, машинных агрегатов, установок, оборудования);
- тепло и звукоизоляции дверей (противопожарная защита);
- в виде отдельных панелей внутренних помещений;

- изоляции котлов, котельных, резервуаров с холодной и горячей водой;
- изоляции бань, саун;
- изоляции борта;
- тепловой, звуковой и противопожарной изоляции корабельных объектов;
- теплоизоляции трубопроводов;
- для противопожарных огнезадерживающих переборок и пр.
- в малом судостроении – конструкции корпусов судов, надстроек;
- для изготовления специальной тары, которая служит не менее 30 лет, (тара из древесины имеет ограниченный срок (5-7 лет) пригодности), пожаробезопасна, не гниет.

Утолщенные и грубые базальтовые волокна диаметром 70-450 мкм благодаря высокой коррозионной устойчивости к щелочным средам эффективны для дисперсного армирования асбестоцементных изделий и бетонов. Сейчас проводятся работы по получению искусственно синтезированных титано-, цирконийсодержащих волокнистых материалов, способных сохранять свои свойства в агрессивных условиях на протяжении длительного времени (рис.4) [9].



Рис. 4. Титано-, цирконийсодержащие волокна

На рис. 5 приведены сравнительные показатели устойчивости различных силикатных наполнителей в искусственной агрессивной среде.

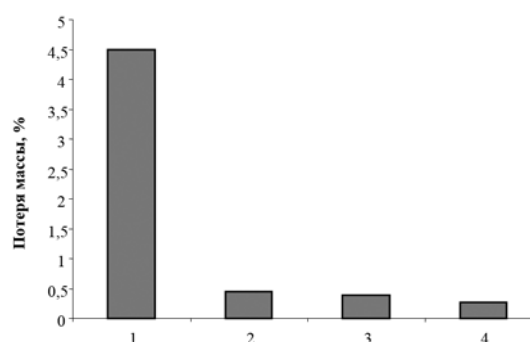


Рис. 5. Влияние искусственной агрессивной среды на устойчивость волокон разных составов волокон: 1 – стекловолокно (Е-состав) 2, 3 – базальтовые волокна разного состава 4 – титано-, цирконийсодержащие волокна

Базальтовые штапельные волокна с высокоразвитой поверхностью применяются для изготовления фильтров для очистки газовоздушных и жидких сред и других изделий со специфическими свойствами.

В зависимости от состава фильтры могут быть:

1) Плотностью 40 – 60 кг/м<sup>3</sup> (на основе волокон диаметром 9 – 45 мкм), предназначены для первичной очистки от разного вида загрязнений, в т.ч. стоков;

Толщиной 50 – 200 мм (по требованию заказчика);

Возможно изготовление фильтров большей плотности с применением специальных модификаторов поверхности волокон.

2) Плотностью 18 – 25 кг/м<sup>3</sup> (на основе волокон диаметром 0,5 – 3,0 мкм),

предназначены для более тонкой очистки газовоздушной и водной среды от разного рода механических примесей;

Толщиной 10 – 100 мм (по требованию заказчика);

Возможно изготовление фильтров большей плотности с применением специальных модификаторов поверхности волокон.

3) Плотностью 20 – 50 кг/м<sup>3</sup> (комбинированных, на основе волокон диаметром 1,0 – 30 мкм и специальных добавок), предназначены для очистки газовоздушной и водной среды от механических, химических и биологических примесей.

Коллективами Института проблем материаловедения и ГП НТЦ «Базальтоволокнистые материалы» НАН Украины совместно с коллегами других организаций проведены научные исследования по разработке современных эффективных композиционных фильтровальных материалов на основе базальтовых волокон для использования в системах очистки воздуха, в том числе на АЭС.

Для решения данной проблемы разработана лабораторная технология получения композиционных материалов на основе базальтовых волокон, являющихся матрицей создания мощных сорбентов направленного действия. Специальные добавки, технологические приемы активирования и модификации волокон позволяют управлять пористой структурой создаваемого материала: площадью поверхности, размером и количеством образующихся мезо-, и микропор. Такой подход позволит обеспечить сорбцию загрязняющих веществ.

Очистка воздуха на ряде предприятий (в т.ч. АЭС) – очень сложная задача. Вследствие химической природы вредные вещества можно удалять с газоподобных потоков с помощью физической адсорбции на сорбентах, активированном угле, стекловате и пр.

Вызывают интерес начатые нами разработки волокнистых фильтрованных материалов с объемным механизмом фильтрации – слой тонких и супер-, ультра-, микротонких волокон с нерегулярной хаотической структурой, в которой частички пыли проходят внутрь слоя и задерживаются там.

Особенно это касается фильтровально-сорбционных материалов на основе специально подобранных композиций. Благодаря высокоразвитой поверхности, микро-, мезо-, и макропористой структуре они имеют уникальные по своим свойствам характеристики в отношении к разного рода веществам.

Вопрос оптимального соотношения составляющих композиции решается исходя из функционального назначения материала. Изменение соотношения концентрации разных видов волокон и введение модифицированной нео-, органической составляющей

позволит получать новые эффективные материалы с широким диапазоном характеристик.

Базальтовые волокна являются наиболее оптимальными по показателю соотношения цены и качества. В некоторых областях применению базальтовых волокон на сегодняшний день нет альтернативы так как это:

- легкие неорганические материалы;
- экологически чистые материалы, нетоксичные (без фенолосодержащего связующего и канцерогенных веществ);
- химически и био-, стойкие (устойчивые по отношению к микроорганизмам и грызунам, не гниют);
- стойкие к вибрациям (не разрушаются);
- низкая теплопроводность, высокая термостойкость;
- не разрушаются под действием теплосмен «нагрев-охлаждение», при повышении температуры и при циклическом действии температуры сохраняют свои характеристики и геометрические формы;
- высокая долговечность (срок службы до 50 лет);
- пористость базальтового волокна может составлять  $\geq 70\%$  по объему. При заполнении пор материала характерна небольшая теплопроводность;
- не увеличивают диффузорного сопротивления конструкций, обладают хорошей воздухо-, паропроницаемостью);
- негорючие, огнестойкие, пожаробезопасные.

Все сказанное указывает на перспективность выбранного направления в использовании волокнистой компоненты в разных отраслях.

#### Литература:

1. Тепловая изоляция: Справочник по специальным работам / Под ред. Г.Ф.Кузнецова. – М:Стройиздат, 1973
2. Костерев Ф.М. и др. Теоретические основы теплотехники. – М. – Л.: Энергия, 1978
3. Исаченко В.П. и др. Теплопередача, – М. – Л.: Энергия, 1985
4. Тенденции развития различных видов изоляционных строительных материалов, Чеш., – 1982
5. Сергеев В.П., Божко В.И., Яценко О.М. О тенденциях повышения качества теплозвукоизоляционных материалов на основе базальтовых волокон // Ж-л «Строительные материалы и изделия», №3, 2003.
6. Чувашов Ю. М., Яценко О.М., Божко В.І. та ін. Глинисто – волокнисті композиції на основі мінералованих силікатовмісних відходів та волокон з гірських порід // Ж-л «Строительные материалы и изделия», №1, 2007.
7. Чувашов Ю. М., Яценко О.М., Божко В.І. та ін. Використання волокон з гірських порід для отримання паперово – картоноподібних матеріалів // Нотатки Луцького державного університету: Міжвузівський збірник. – Луцьк: ЛДТУ. – 2007.
8. Джигирис Д.Д., Махова М.Ф. Основы производства базальтовых волокон и изделий. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 412 с.
9. І. І. Дідук, Г. А. Баглюк., Ю. М. Чувашов, О. М. Яценко. Вплив добавок ZrO<sub>2</sub> на структуру та властивості розплавів гірських порід. / Наукові нотатки Луцького державного університету: Міжвузівський збірник. – Луцьк: ЛДТУ.-2015.-вип.№50.-С.60-64.