



**Стабилизация распределения наноразмерного связующего
в волокнистой структуре фильтрующего элемента,
используемого для высокотемпературной очистки
промышленных газов.**

Докладчик: научный сотрудник исследовательского центра
специальной керамики ООО «НТЦ «Бакор»,
Сизова А.С.

Актуальность работы



Общий вид керамического фильтра с указанием очищаемых компонентов из газового потока [1].

- высокая эффективность пылеулавливания даже для субмикронных частиц (остаточная концентрация взвешенных частиц в очищенном газе менее 10 мг/м³);
- длительный срок эксплуатации при температурах до 1000°C;
- сопротивление к термоударам;
- устойчивость к воздействию кислот и щелочей, продолжительная работа в агрессивных средах;
- низкое и равномерное дифференциальное давление;
- безопасность для здоровья;
- низкая себестоимость.

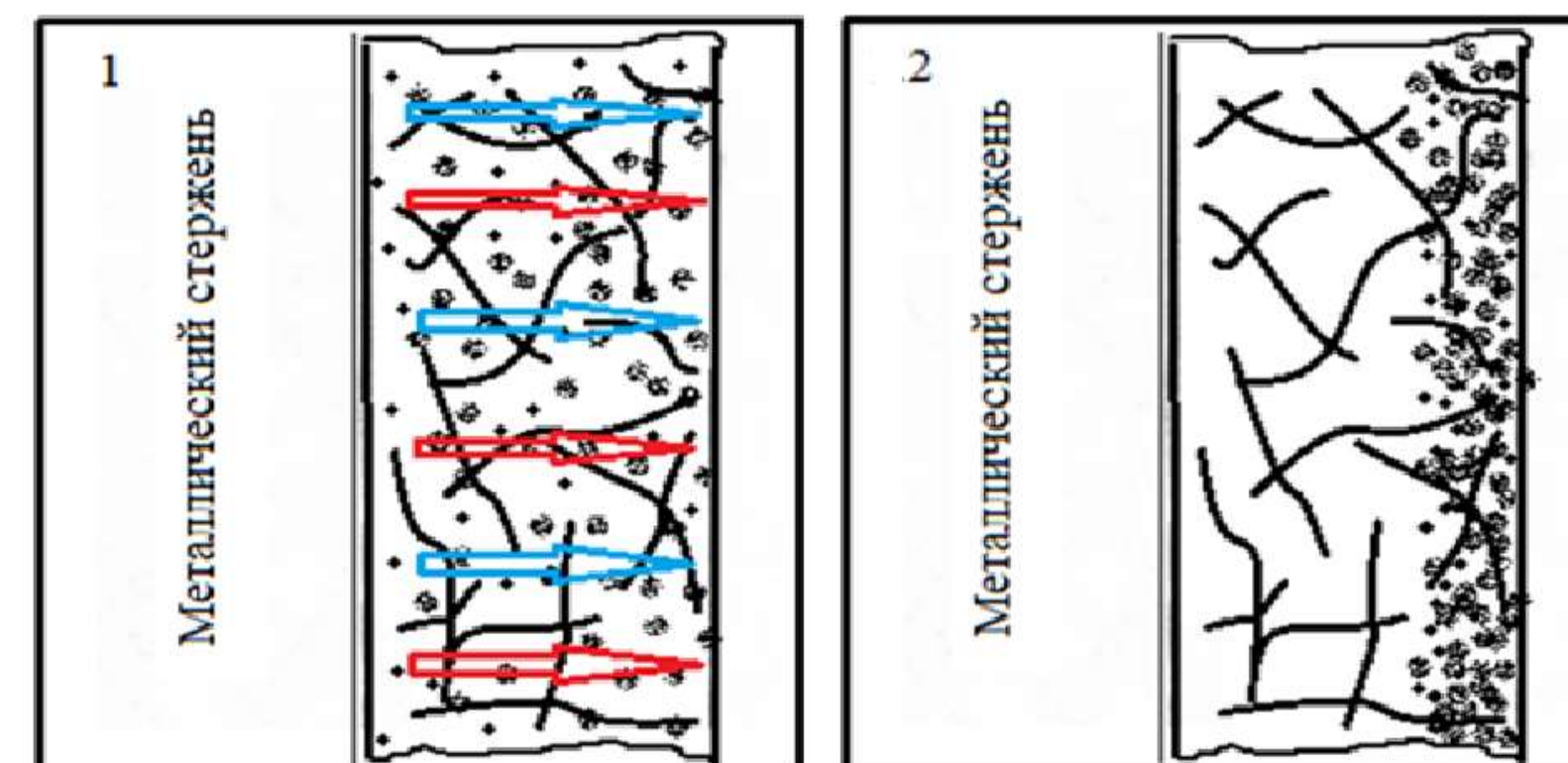


Схема миграции связующего при конвективной сушке предварительно замороженной пропитанной кремнезolem заготовки ФЭ.

Цель исследования

Целью работы является стабилизация распределения наноструктурированного связующего (кремнезоля) в структуре высокотемпературного фильтрующего элемента на основе алюмосиликатных волокон.

Задачи исследования

1. Определение влияния геометрических параметров алюмосиликатных волокон, на прочность при разрыве и аэродинамическое сопротивление ФЭ.
2. Определение влияния параметров ВТС свойства высокотемпературных фильтрующих элементов.
3. Определение влияния концентрации кремнезоля на характеристики фильтрующего элемента: микроструктуру получаемого изделия, его прочность при разрыве и аэродинамическое сопротивление.
4. Выявление миграции высокотемпературного связующего в матрице керамических волокон ФЭ, и определение соответствующих результирующих свойств образцов фильтрующих элементов, полученных с применением различных сравниваемых процессов сушки заготовок: конвективной сушки, микроволновой сушки, а также сушки образцов, полученных при заморозке заготовок, пропитанных кремнезolem, с их последующей конвективной сушкой.

Влияние параметров волокна на свойства фильтрующих элементов

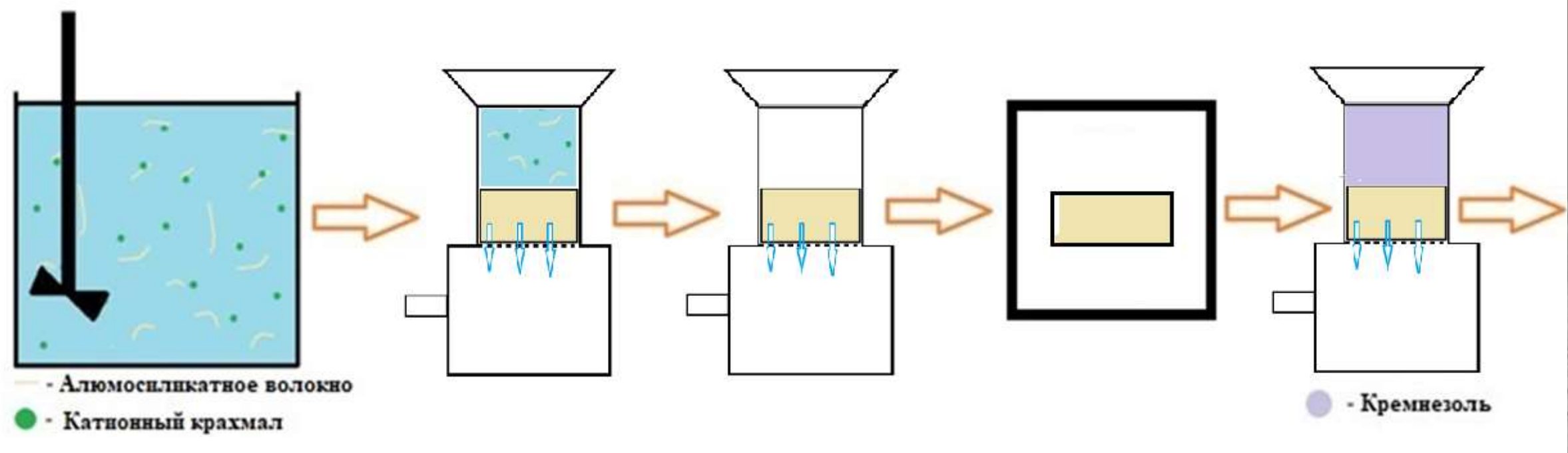
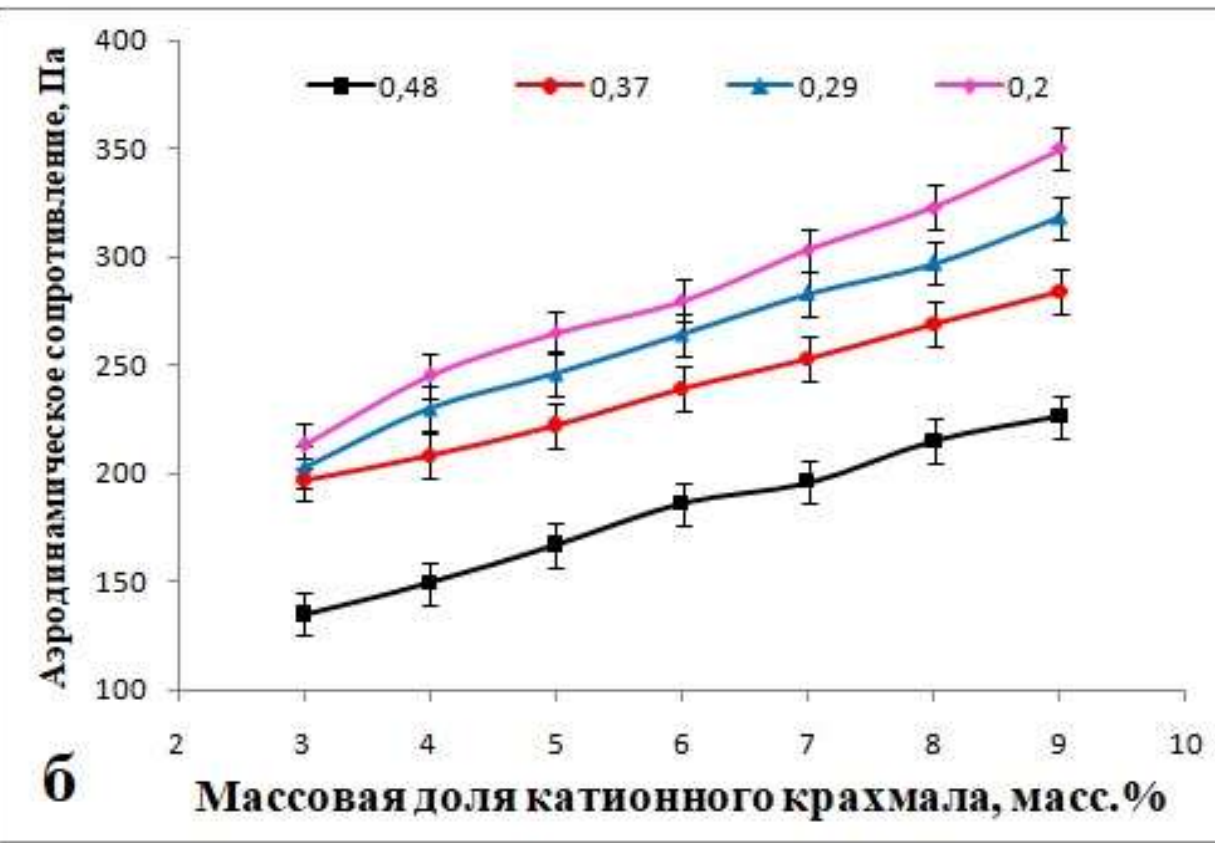
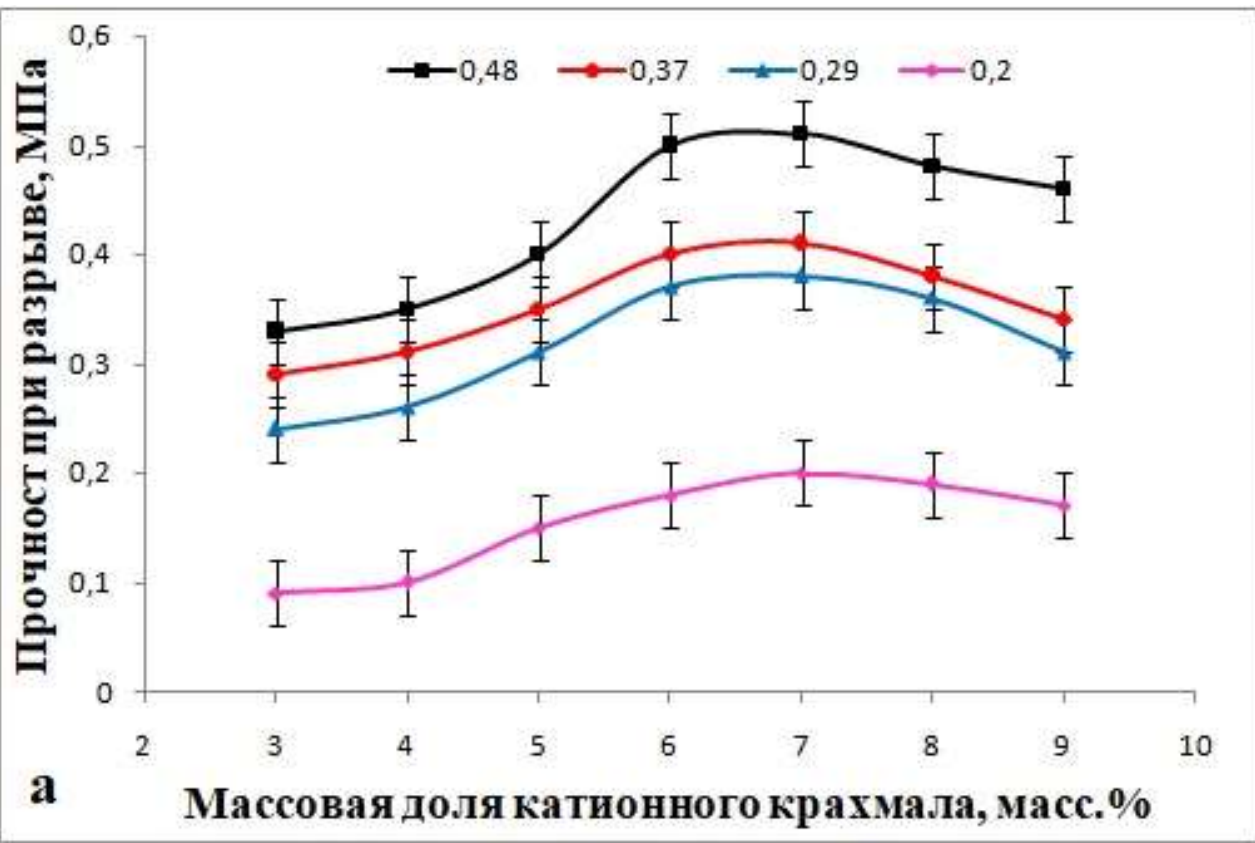
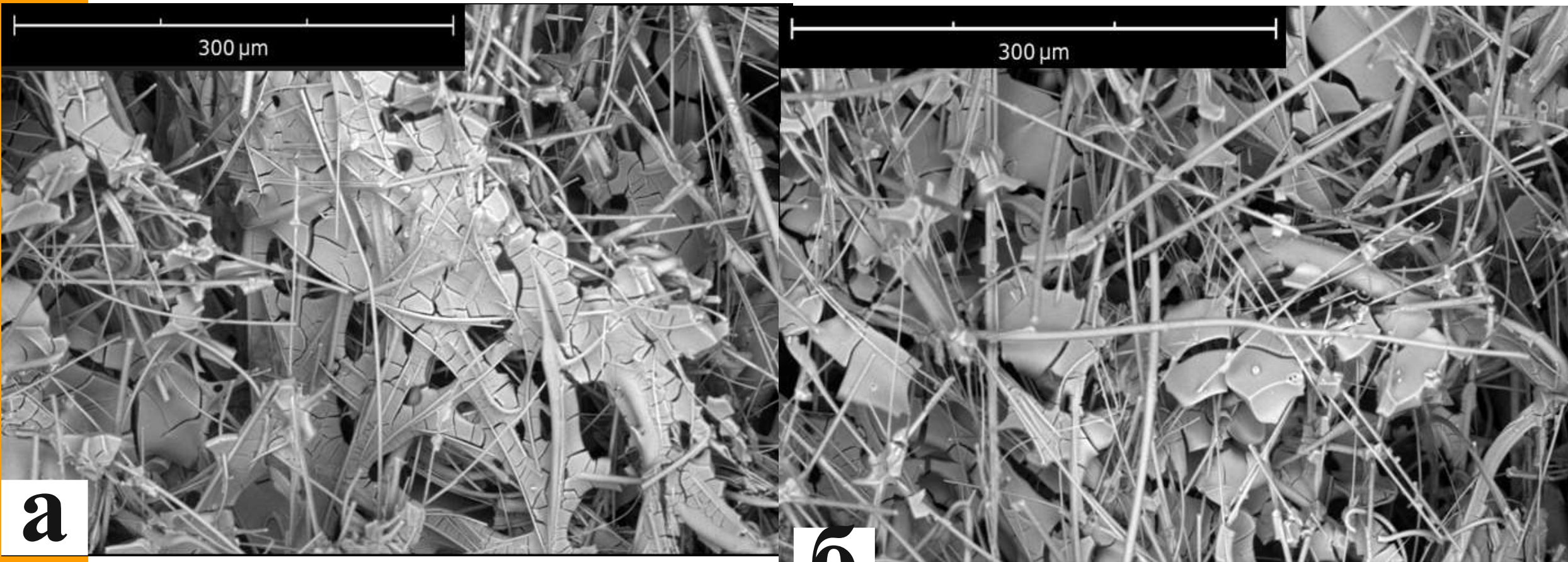


Схема изготовления дискового образца ФГВК; Образец ФГВК в виде диска

Длина используемого волокна, мкм	$\rho_{\text{каж}}, \text{г/см}^3$	$\sigma_{\text{раз}}, \text{МПа}$	$\Delta p, \text{Па}$
5000	$0,71 \pm 0,03$	$0,35 \pm 0,03$	1050 ± 10
15000	$0,55 \pm 0,03$	$0,45 \pm 0,03$	605 ± 10
19000	$0,42 \pm 0,03$	$0,23 \pm 0,03$	540 ± 10

Длина используемого волокна, мкм	Диаметр волокна, $d_{\text{max}}, \text{мкм}$	$\rho_{\text{каж}}, \text{г/см}^3$	$\sigma_{\text{раз}}, \text{МПа}$	$\Delta p, \text{Па}$
15000	9	$0,55 \pm 0,03$	$0,45 \pm 0,03$	605 ± 10
	15	$0,41 \pm 0,03$	$0,59 \pm 0,03$	520 ± 10
	20	$0,35 \pm 0,03$	$0,37 \pm 0,03$	390 ± 10

Влияние параметров используемого ВТС на свойства ФЭ



Влияние массовой доли катионного крахмала в гидромассе на: а – прочность при разрыве образца; б – аэродинамическое сопротивление.

Влияние способов сушки на миграцию кремнезоля

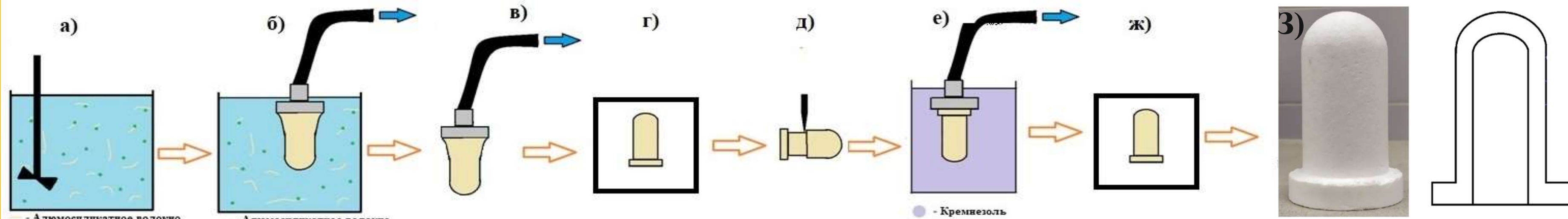
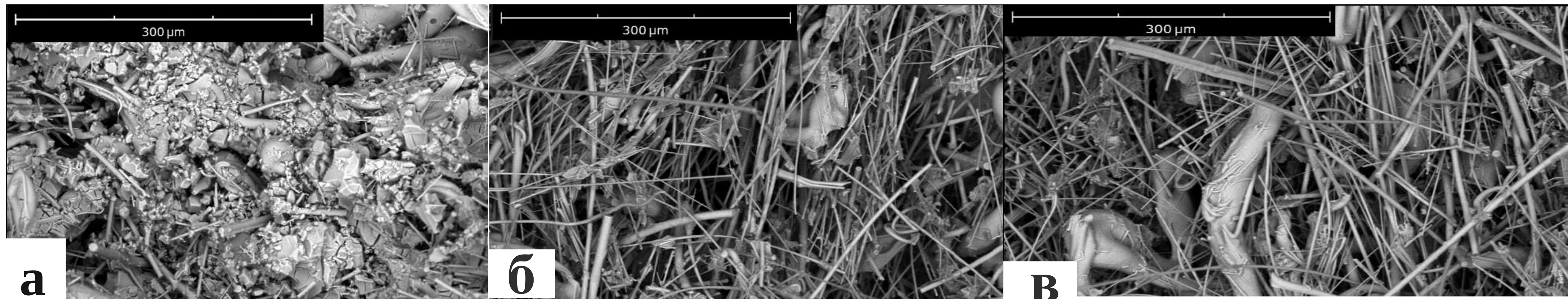
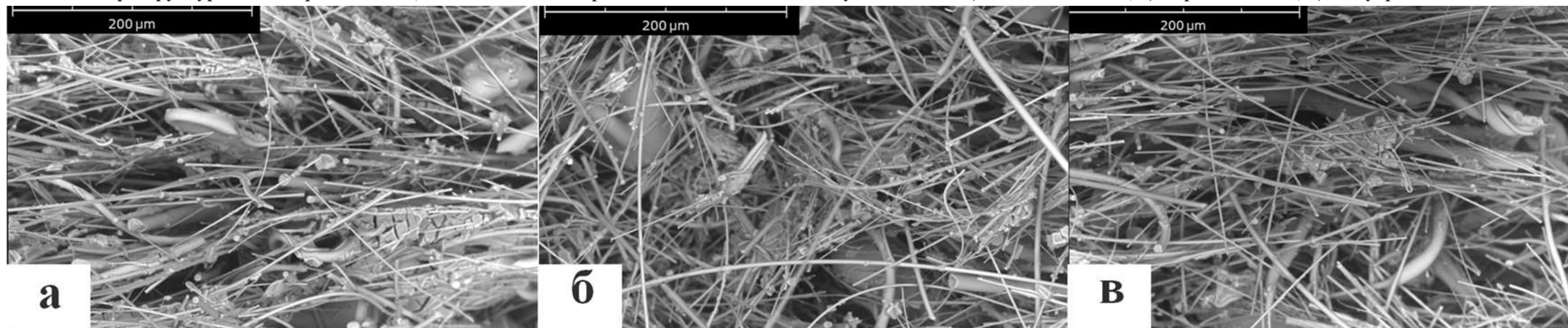


Схема изготовления образца ФЭ: а–замес гидромассы; б – вакуум-формование заготовки; в – «просушка» заготовки с помощью вакуума; г – сушка заготовки; д – механообработка заготовки; е – пропитка заготовки кремнезolem; ж – сушка пропитанной заготовки исследуемым способом; з – готовый ФЭ.



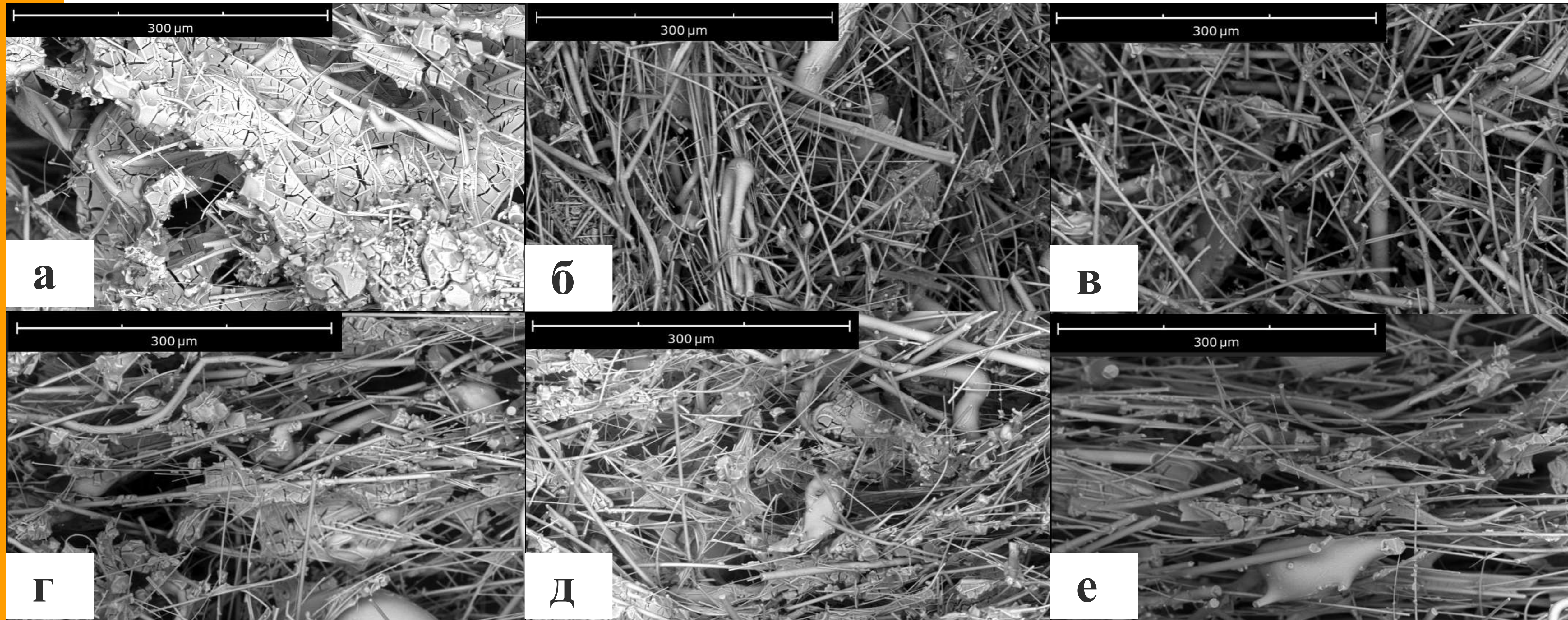
Микроструктура слоев образца ФГВК, изготовленного с применением конвективной сушки 120 °С: а) – внешнего слоя; б) – среднего слоя; в) – внутреннего слоя.



Фотографии микроструктуры слоев образцов ФЭ, изготовленных с применением микроволновой сушки: а – внешнего слоя, при мощности 230 Вт; б – среднего слоя, при мощности 230 Вт

Влияние способов сушки на миграцию кремнезоля

Заморозка пропитанных кремнезolem образцов с последующей конвективной сушкой



Фотографии микроструктуры слоев образцов: а, б, в – внешнего, среднего и внутреннего соответственно, ФЭ, полученных , при температуре заморозки $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$; г, д, е – внешнего, среднего и внутреннего соответственно, ФЭ, полученных , при температуре заморозки $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Влияние способов сушки на миграцию кремнезоля

Заморозка пропитанных кремнезolem образцов с последующей конвективной сушкой

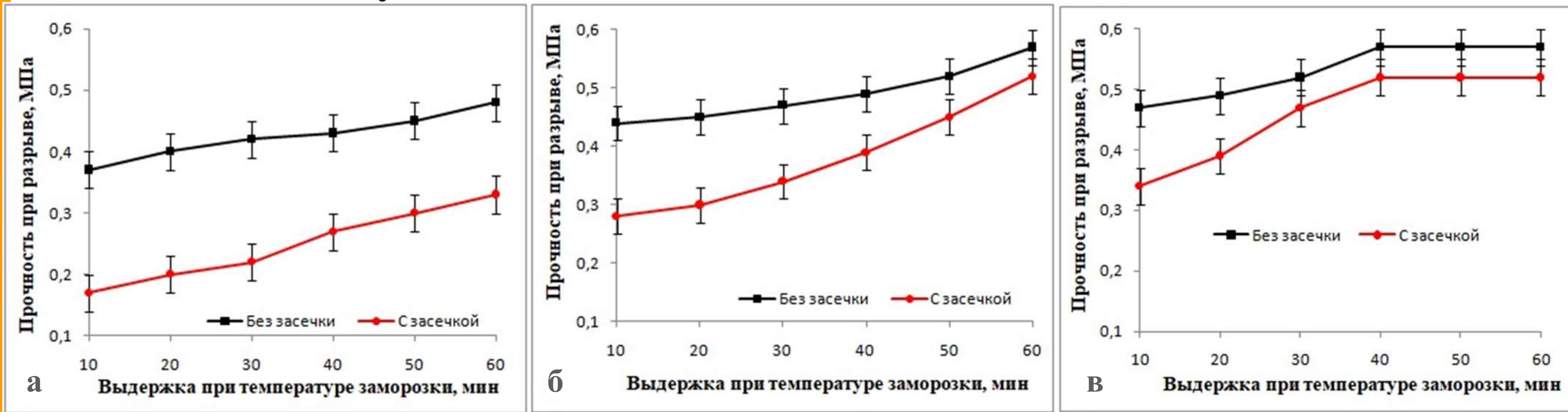
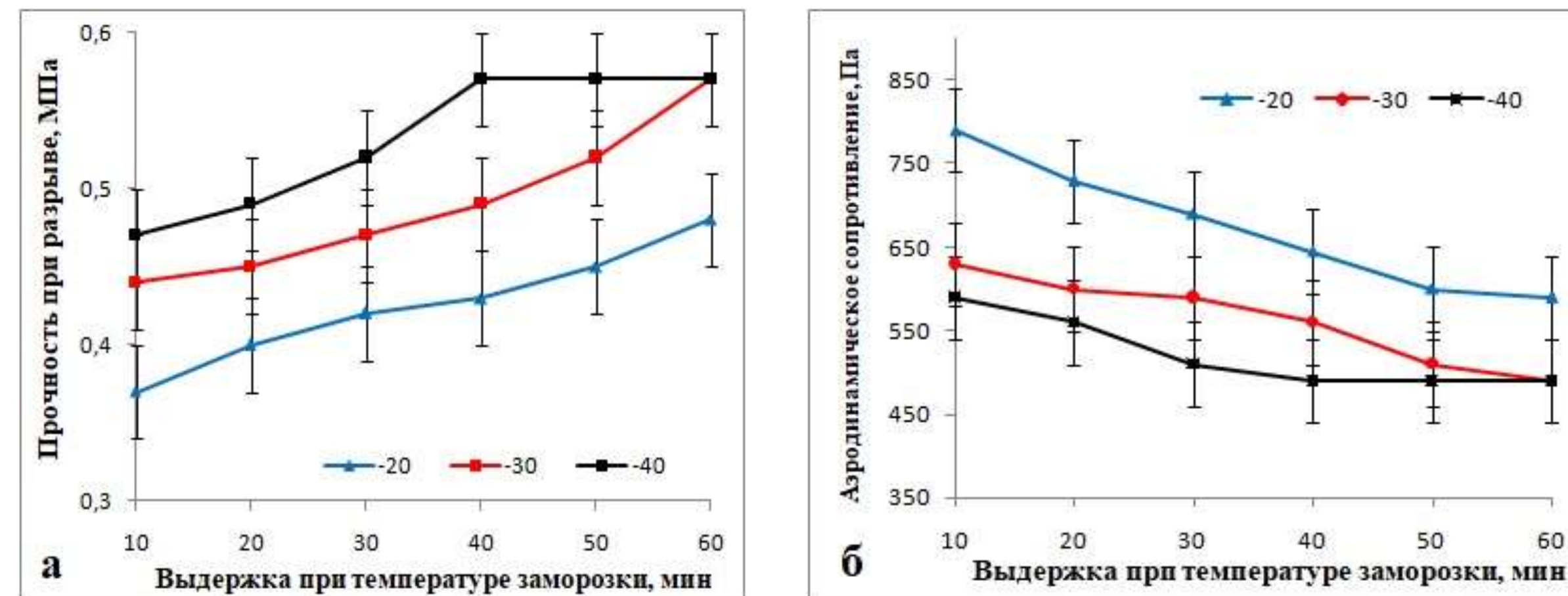
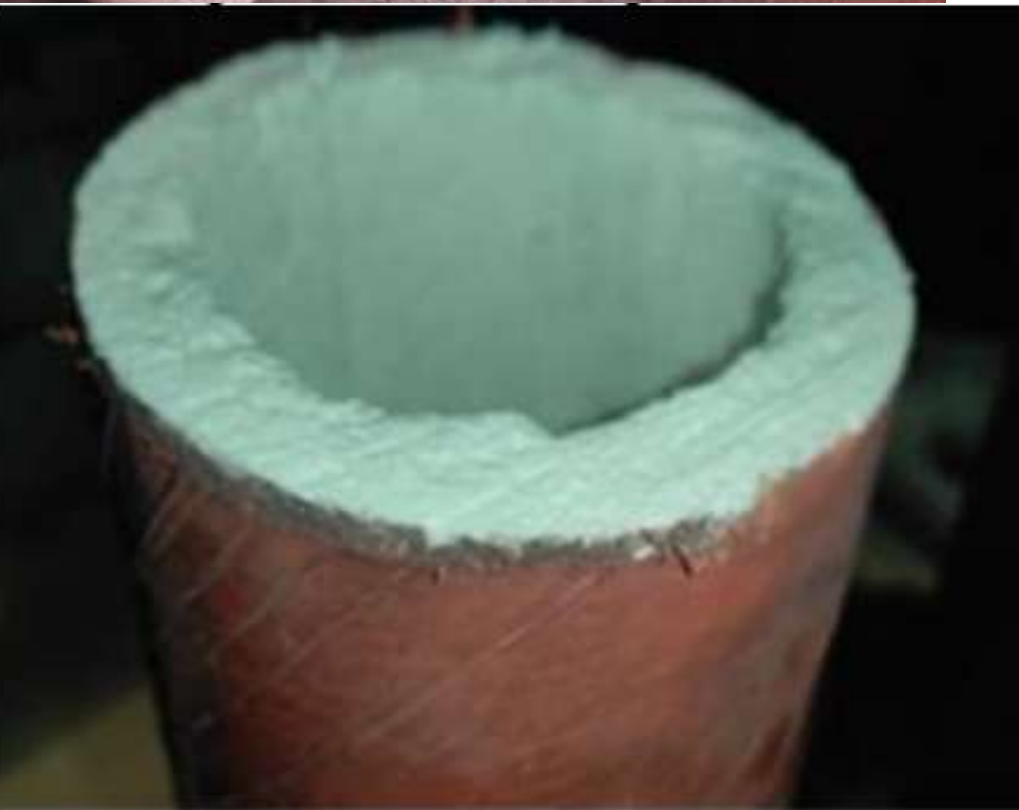
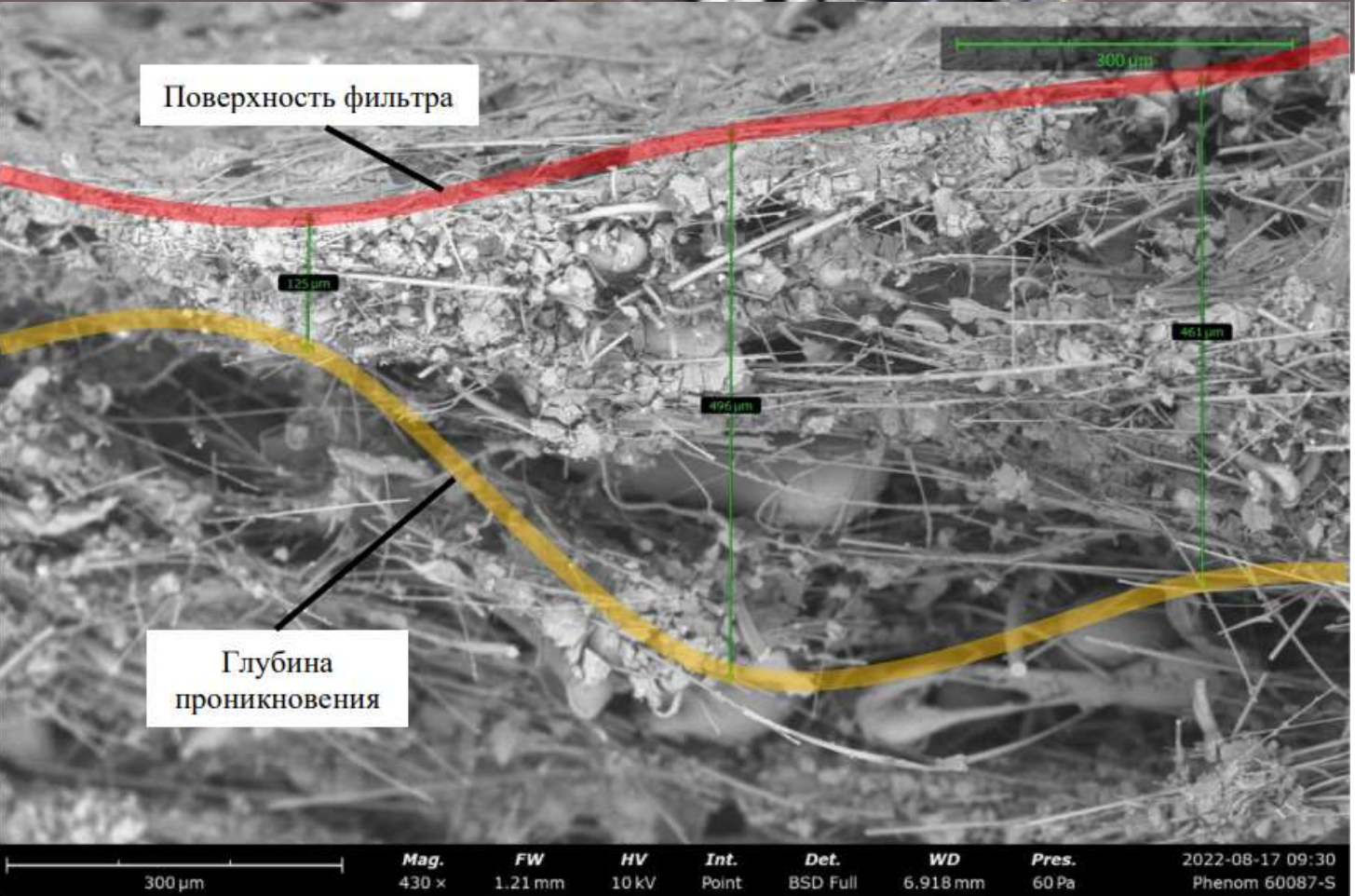
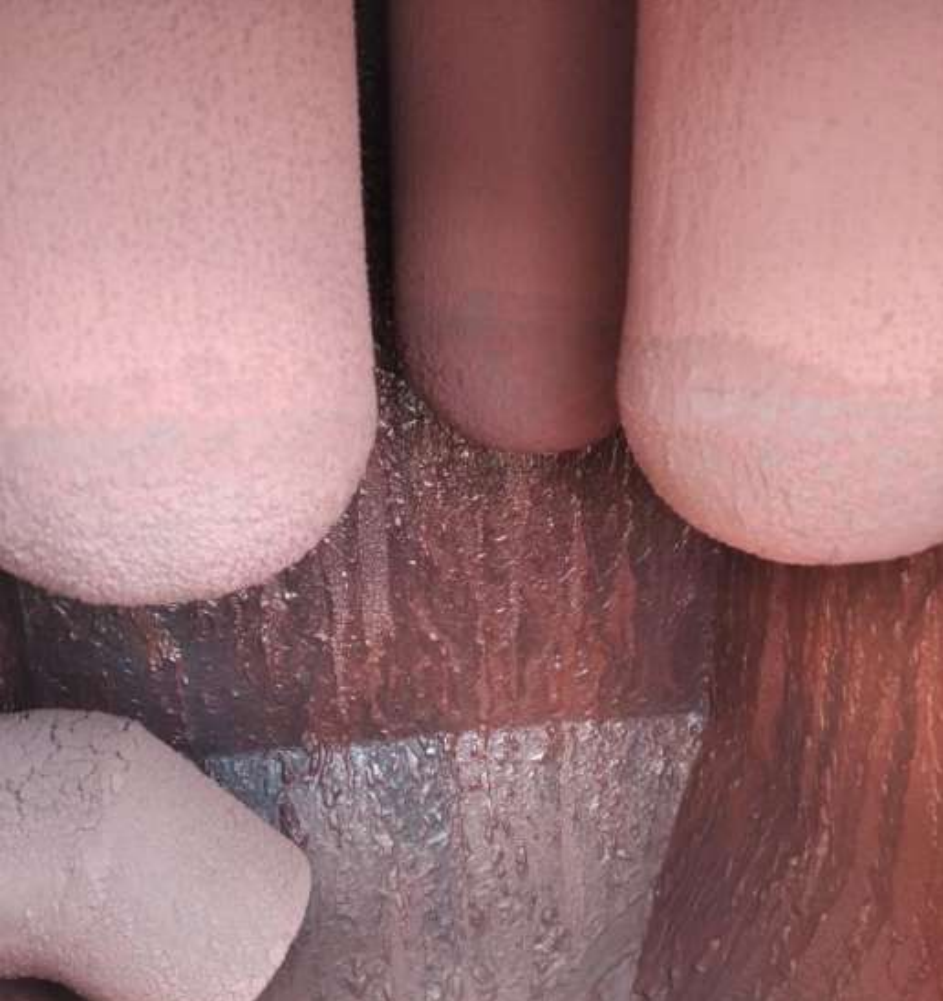


Рисунок 16 – Прочность при разрыве образцов ФЭ, полученных с применением заморозки заготовок, пропитанных высокотемпературным связующим, с последующей конвективной сушкой. Температура заморозки: а – -20 °С; б – -30 °С; в – -40 °С.



Свойства образцов ФЭ, полученных с применением заморозки пропитанных высокотемпературным связующим заготовок, с последующей конвективной сушки: а – прочность при разрыве образцов при разных режимах заморозки; б – аэродинамическое сопротивление образцов, полученных при разных режимах заморозки..

Опытно-промышленные испытания ФЭ



п/п	Объект	Концентрация твердых частиц на входе в ФКИ, мг/ нм³	Концентрация твердых частиц на выходе из ФКИ , мг/ нм³	Эффективность пылеулавливания, %
1	Новгородский металлургический завод АО «НМЗ»	18548	5	99,97
2	Подольский завод алюминиевых сплавов «ЗАС»	5300	9,5	99,82
3	Горно--обогатительные комбинаты	989	8	99,20
4	ООО «Гринтек»	810	1,9	99,77
5	ООО «Завод ТЕХНО»	696	6,4	99,08

Выводы



1. Установлено влияние геометрических параметров алюмосиликатных волокон на прочность при разрыве и аэродинамическое сопротивление образцов ФЭ.
2. Также установлено влияние массовой доли связанного азота в катионном крахмале на свойства ФЭ. При введении катионного крахмала с массовой долей связанного азота 0,48 мас. % высокотемпературное связующее адгезирует на поверхности алюмосиликатных волокон, при этом образцы обладают наибольшими значениями прочности при сжатии и минимальными значениями аэродинамического сопротивления, в сравнении с образцами, изготовленными с применением катионных крахмалом с меньшей массовой долей связанного азота.
3. Существенное влияние на свойства ФЭ оказывает миграция связующего, проявляющаяся в процессе сушки. Так при конвективной сушке, кремнезоль вместе с влагой мигрирует к внешней (нагреваемой) поверхности изделия, при этом волокна внутренних слоев не покрыты связующим. Прочность данных изделий не превышает $0,38 \pm 0,08$ МПа, а при нарушении внешней поверхности образца прочность снижается до $0,09 \pm 0,04$ МПа. Микроволновая сушка сокращает время, затрачиваемое на удаление влаги из структуры ФЭ, при этом позволяет сократить проявление миграции связующего. Увеличение мощности сушки не оказывает влияния на свойства изделия. Высокотемпературное связующее при этом небольшими агрегатами покрывает поверхность волокон и места их переплетения во внешнем и внутренних слоях ФЭ. Прочность при разрыве составила $0,46 \pm 0,10$ МПа, а аэродинамическое сопротивление 410 ± 60 Па.
4. Заморозка образцов, пропитанных высокотемпературным связующим, приводит к необратимому гелированию последнего в структуре ФЭ, что позволяет сократить проявление миграции при определенных параметрах заморозки. Прочность образцов, полученных заморозкой при -40 °С при времени выдержки 40 минут составляет $0,57 \pm 0,03$ МПа, и при повреждении внешней поверхности снижается до $0,52 \pm 0,03$ МПа. Аэродинамическое сопротивление при этом составляет 490 ± 50 Па, что незначительно выше сопротивления образцов, полученных с применением микроволновой сушки.
5. Массовая доля диоксида кремния в используемом кремнезоле оказывает влияние на структуру и свойства ФЭ. При введении в каркас фильтра более концентрированного коллоидного связующего, после сушки пространство между волокнами перекрыто кремнеземом. Образцы с такой структурой характеризуются более высокими значениями аэродинамического сопротивления и прочности при разрыве. Минимальные значения аэродинамического сопротивления при использовании данного связующего составляет 600 ± 50 Па. При использовании менее концентрированного связующего с долей диоксида кремния 20 мас. % максимальная прочность образцов составляет $0,36 \pm 0,03$ МПа при влагоемкости образца 60 %.

Спасибо за внимание