

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі  
Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті  
Мескеу болат және қорытпалар институты  
Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан Мемлекеттік техникалық университеті

# VIII INTERNATIONAL CONFERENCE

"Advanced technologies, equipment and analytical systems  
for material sciences and nanomaterials"



"Материалтану мен наноматериалдарға арналған перспективалық  
технологиялар, жабдықтар және аналитикалық жүйелер"

"Перспективные технологии, оборудование и аналитические  
системы для материаловедения и наноматериалов"

<b>С.В. Нечипуренко, В.В. Сивохин, Р.Р. Токпаев, С.А. Ефремов</b> НАНОРАЗМЕРНЫЕ ЧАСТИЦЫ КАК ИСТОЧНИК ДАННЫХ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ПРЕДЕЛОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕОРИИ КОЛМОГОРОВА <b>Шабанова Т.А., Нужинов Ю.В., Мофа Н.Н., Мансуров З.А.</b>	111
ОБРАЗОВАНИЕ ПЛЕНОК ПРИ ИСПАРЕНИИ ГРАФИТОВОГО АНОДА В ПОЛОМ КАТОДЕ <b>А.Г.Нестеренков, П.А. Нестеренков, Р.М. Магомедов</b>	120
ИМПУЛЬСНЫЕ УСКОРИТЕЛИ ПЛАЗМЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ НАНОСТРУКТУР И ПОКРЫТИЙ <b>А.М. Жукешев, А.Т. Габдуллина, А.У. Амренова, С.П. Пак</b>	125
АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ МЕХАНИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОГО ШЛАКА АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОНИОБИЯ <b>А.Е. Жумаканов, Н.А. Куленова, В.К. Манашева</b>	130
СИНТЕЗ СЕРЕБРЯНЫХ НАНОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ ПЭТФ ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН <b>А.А.Машенцева, А.В.Русакowa, Б.Н.Аубакиров, А.Кемельбай, М.В.Здоровен</b>	136
ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕР-НЕОРГАНИЧЕСКИХ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ В ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЯХ <b>В.Л.Ефремов, З.А. Лейман</b>	144
МИКРО- И НАНОМИНЕРАЛЫ В ПОРОДАХ И РУДАХ БОЛЬШОГО АЛТАЯ <b>О.Д. Гавриленко</b>	150
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ И ИХ СВОЙСТВА <b>В.М.Юров, Е.Н.Вертягина, Н.Х.Ибраев, С.А.Гученко, Е.Хуанбай</b>	159
СИНТЕЗ В ПЛАМЕНИ СУПЕРГИДРОФОБНОЙ САЖИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВОДООТТАЛКИВАЮЩЕЙ ТКАНИ <b>М. Нажипкызы, М. Әуелханкызы, Б.Т. Лесбаев, Т. Машап, З.А. Мансуров</b>	168
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В МАТЕРИАЛАХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПУЧКОВ ЭЛЕКТРОНОВ <b>С.В.Плотников, Н.К. Ердыбаева, В.А.Кузьминых, А.В. Гулькин</b>	175
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ МОДИФИКАЦИЙ НАНОПОРОШКОВ МЕДИ <b>Буранбаев М.Ж., Козгаева У.П., Алиев Б.А., Енгтибеков Ж., Сарсенбаева К.Б.</b>	181
НОВЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР В ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ <b>В.Е. Мессерле, А.Б. Устименко</b>	186
РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ, МЕХАНИЧЕСКИХ И КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТАЛИ 08X18N10T <b>О.Н.Максимкин, М.Н.Гусев, К.В.Цай, А.В.Яровчук, С.В.Добаткин</b>	195

## СИНТЕЗ В ПЛАМЕНИ СУПЕРГИДРОФОБНОЙ САЖИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВОДООТТАЛКИВАЮЩЕЙ ТКАНИ

Нажинкызы М., Әуелханкызы М., Лесбаев Б.Т., Машан Т., Мансуров З.А.

*Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби,  
Институт проблем горения  
480012, ул. Боегбай батыра, 172, Алматы, Казахстан,*

### Аннотация

Проведен синтез супергидрофобной сажевой поверхности в пламени пропана на подложках из кремния и никеля. На основании данных Рамановских спектров и электронно-микроскопических исследований определено, что супергидрофобным свойством поверхность обладает за счет наличия наносферических сажевых частиц в виде нанобисеров. Сажа, собранная с поверхности подложек была применена для придания хлопчатобумажной ткани водоотталкивающих свойств.

### Введение

Разработка и создание новых технологий производства водоотталкивающих материалов различного назначения с низкой себестоимостью является одной из актуальных задач. Повышенная влажность остается фактором, приносящим вред начиная с повседневного быта. На данный момент актуальным остается вопрос создания тканей, которые бы легко дышали, но оставались водонепроницаемыми. В текстильной промышленности предложены и успешно используются ряд различных подходов. Гао и Маккарти в 1945 году получили патент, на метод изготовления полиэфирной ткани микрофибра обладающей супергидрофобными свойствами на основе силиконового покрытия [1]. Но ткани микрофибра не могут обладать высокой плотностью как хлопчатобумажные ткани. Для придания гидрофобных свойств хлопчатобумажной ткани Ван и др. [1] на ее поверхность включили частицы золота, недостатком метода является то, что отсутствует химическая связь между частицами золота и хлопковолокна.

В настоящее время в открытых публикациях появилась очень много работ связанных с синтезом гидрофобных углеродных поверхностей в пламенах [2-4]. Это связано с тем, что возросла актуальность вопроса связанного со снижением себестоимости гидрофобных материалов. Сажа, полученная при определенных условиях сжигания топлива может обладать гидрофобными свойствами которую в дальнейшем можно использовать для придания различным материалам водостойкости. В настоящей работе приведены результаты исследований процесса образования гидрофобных сажевых поверхностей на подложках из кремния и никеля при горении пропан - кислородного пламени в присутствии электрического поля и полученная гидрофобной сажа использована для придания хлопчатобумажной ткани водоотталкивающих свойств.

### Методика проведения экспериментов по синтезу гидрофобной сажевой поверхности

Для синтеза гидрофобной сажевой поверхности использовали пропан - кислородное пламя и подложки, изготовленные из кремния и никеля. Варьировались расстояние от матрицы горелки до подложки, время экспозиции, а также напряженность электрического поля разной полярности.

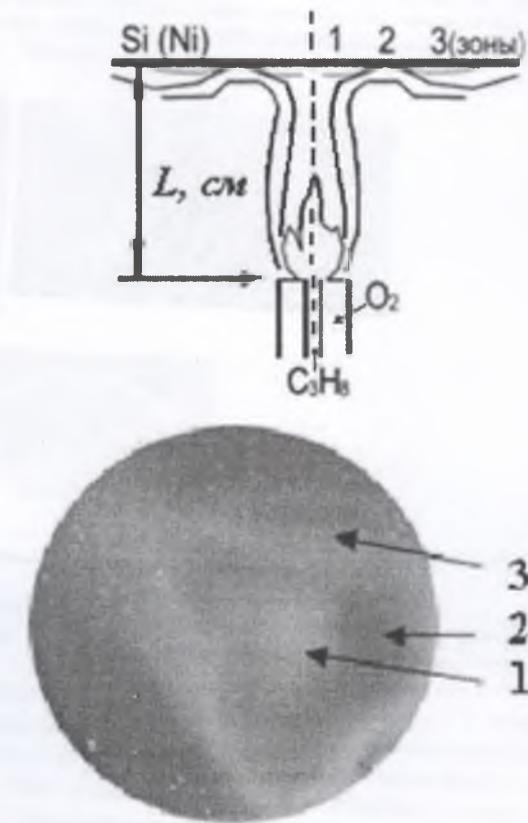
Подача пропана и кислорода производилось отдельно и организовывалось диффузионное пламя. Расход пропана варьировался от 50 до 150, кислорода от 260 до 310

НЕГО  
ТКАНИ

ив Л.А.

Подложки располагали на высоте 2-3 см над пламенем. Время экспозиции варьировали от 2 до 10 минут.

На поверхности подложки идет осаждение сажи с толщиной 1 - 1,5 мм. Образовавшуюся сажевую пленку на подложке визуально можно разделить на три зоны, отличающиеся по цвету серую, белую и черную. На рис. 1 приведено схематическое изображение установки, на которой проводились эксперименты и схема образования зон углеродных фаз на кремниевой и никелевой подложках.



б

1, 2, 3 - различные зоны отложения сажи

Рис. 1. а - схема образования зон углеродных фаз на Si (Ni) подложках при горении пропан - кислородного пламени; б - кремниевый диск, который был подвержен воздействию пламени

Исследования показали, что за время экспозиции более 4 минут приводит к образованию сажи с выраженными гидрофобными свойствами, но увеличение времени экспозиции более 10 минут не оказывает влияния на улучшение этих свойств.

Степень гидрофобности синтезированных поверхностей оценивали методом измерения краевого угла смачивания с использованием фотографий. Степень гидрофобности поверхности характеризуется углом смачивания  $\theta$ : для гидрофильных поверхностей  $\theta < 90^\circ$ , для гидрофобных поверхностей  $\theta > 90^\circ$ . На рис. 2 (а) приведена фотография нанесенной капли воды на чистую кремниевую поверхность. Угол краевого смачивания  $\theta$  составляет менее  $90^\circ$ , что характерно для гидрофильной поверхности.

На рисунках 2 (б, в, г) приведены примеры измерения краевого угла смачивания на отдельно взятых зонах полученных сажевых поверхностях.

Соответственно, краевой угол смачивания внутренней серой зоны (а) равен  $135^\circ$ , коричневой средней зоны (б) –  $155^\circ$  и внешней закопченной зоны (в) –  $145^\circ$ . Полученные результаты показывают, что сажа, осевшая в средней коричневой зоне обладает более выраженными гидрофобными свойствами по сравнению с сажей, осевшей в серой и черной закопченной зоне [5, 6].

Степень гидрофобности будет зависеть от архитектуры поверхности. В работе [3] показано, что если поместить пластинку из кремния на определенном расстоянии над пламенем то на ее поверхности формируются нанокремниевые цепочечные структуры в виде нанобисеров, которые придают поверхности гидрофобные свойства. Рост подобных частиц является результатом конденсации продуктов горения на относительно холодной поверхности подложки.

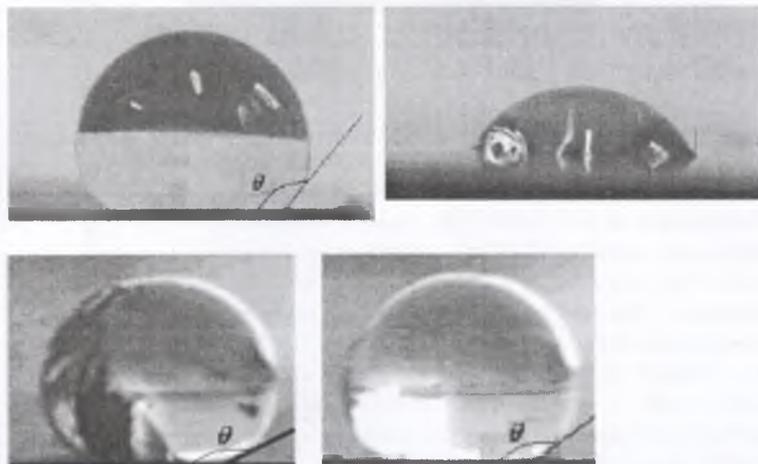


Рис. 2 - Измерение угла краевого смачивания в трех зонах синтезированной сажевой поверхности. а – гидрофильная; б, г – гидрофобная; в – супергидрофобная поверхность

Оказывая внешне энергетическое воздействие на пламя можно, в какой то мере изменять условия процесса образования сажевых частиц. Это интересно как с точки зрения практического применения получаемых эффектов, так и с целью объяснения механизмов образования продуктов горения. Как известно, пламя представляет собой некоторую систему с распределенным пространственным зарядом и поведение пламени можно изменять, налагая электрическое поле. Влияние поля будет зависеть от нескольких факторов: от направления налагаемого электрического поля, если поле постоянное, от параметров электрического поля, от взаимного расположения полярности на электродах и от величины приложенного напряжения. В зависимости от условий и параметров наблюдается переход воздействия на пламя электростатического поля к электрическому разряду.

Учитывая вышесказанное, с целью регулирования процессами образования сажи с гидрофобными свойствами, нами проведены исследования процесса отложения сажевых частиц на подложках из кремния и никеля в присутствии электрического поля. Ниже на рис. 3 приведены схематическое изображение наложения электрического поля, и в качестве примера фотография установки, когда пламя горит в присутствии электрического поля.



Рис. 3 - Фотография:

Наложение электрического поля на пламя. Видно образование гидрофобного слоя и изменение угла смачивания. При увеличении электрического поля происходит электрический разряд на поверхности подложки независимо от расстояния. Зависимость угла смачивания от диаметра 2,5 – 3 см, от напряжения 170 В, за пределы не выходят. При увеличении напряжения: оно становится стабильным и на подложке в некоторых местах оседает сажа, растекается по поверхности и распространяется в стороны. При дальнейшем увеличении напряжения происходит электрический разряд и на подложке оседает сажа, растекается по поверхности и распространяется в стороны.

На рисунке 4 изображена установка для исследования наложения электрического поля на пламя. На рисунке 4 изображена установка для исследования наложения электрического поля на пламя. На рисунке 4 изображена установка для исследования наложения электрического поля на пламя.

Рис. 4 – Капли

Из рисунка видно, что при наложении электрического поля на пламя образуются капли, в какой-то момент они становятся гидрофобными.

считания на  
 остой среды в  
 что даже  
 «сравнительно»  
 оид, что с  
 поверхности  
 и поверхности  
 в горении на

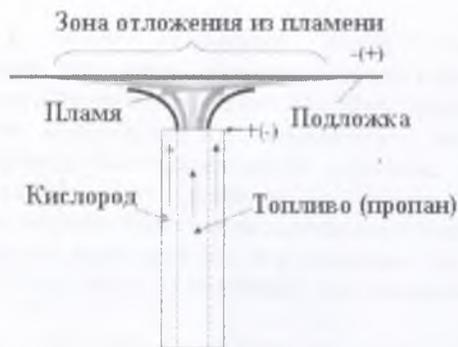


Рис. 3 - Фотография и схема экспериментальной установки с наложением электрического поля

Наложение электрического поля способствует увеличению толщины углеродного гидрофобного слоя и сужению области его распространения. Особенно это проявляется, когда электрическое поле переходит в режим разряда. Независимо от материала подложки, при напряжениях свыше 500 вольт, когда налагаемое электрическое поле переходит в режим разряда на поверхности формируется сажа с супергидрофобными свойствами. При этом независимо от величины и полярности налагаемого напряжения, наблюдается кинковидная зависимость свойств получаемых поверхностей. В средней части подложки, в диаметре 2,5 – 3 см, образуется супергидрофобная сажевая поверхность с углом смачивания свыше  $170^\circ$ , за пределами этих границ, ближе к краю гидрофобные свойства сажи ослабевают. При подаче напряжения 1 кВ и более пламя визуально претерпевает изменения: оно становится ярче, наблюдается периодическое проскакивание искрового разряда и на подложке происходит обильное образование сажи, которая в больших количествах оседает в виде дендритов. Без наложения электрического поля пламя растекается по поверхности подложки. С наложением электрического поля пламя концентрируется в форме цилиндра вплоть до касания подложки. Это явление ярче проявляется при наложении отрицательной полярности на подложку. При этом пламя как бы приподнимается к ней. При положительной полярности появляется небольшой зазор между верхним фронтом пламени и подложкой.

На рисунке 4, показана капля воды, нанесенная на среднюю часть сажевой поверхности полученной при наложении электрического поля на никелевой и кремниевой подложках.

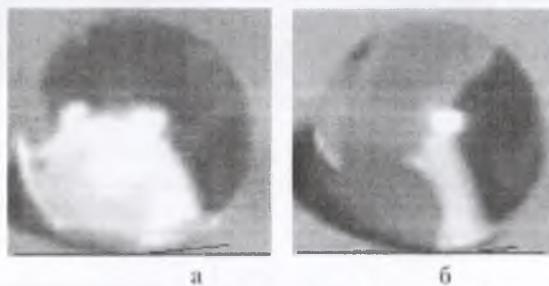


Рис. 4 – Капля воды нанесенная на кремниевой (а) и никелевой (б) подложках при наложении электрического поля

Из рисунков видно, что краевой угол смачивания полученных поверхностей превышает свыше  $170^\circ$ , т.е. поверхность обладает супергидрофобными свойствами. Любая поверхность, в какой-то мере гидрофобна, но если ее смочить водой, то после ее высушивания она становится гидрофильной. Полученная нами сажа с поверхности подложек не теряет

левой  
 ность  
 ш то мер  
 ечки зрения  
 механизм  
 некоторую  
 ни можно  
 нескольких  
 оянное, от  
 структурах и  
 параметров  
 рическому

ния сажи с  
 я сажевых  
 же на рис  
 и качестве  
 поля.

своих супергидрофобных свойств и после смачивания водой. Электронные микроскопические исследования показали, что сажа обладает супергидрофобными свойствами за счет присутствия наносферических частиц размером 20 - 50 нм, объединенных между собой в виде бисера, которые не разрушаются при механической обработке и смачивании водой. Таким образом, проведенные исследования показали, что сажа формирующаяся на поверхности подложек из кремния и никеля обладает супергидрофобными свойствами, которые сохраняются после механического воздействия и смачивания водой. Наложение электрического поля приводит к улучшению этих свойств. Лучшие результаты получены на никелевой подложке с наложением электрического поля 1 кВ.

Полученную супергидрофобную сажу использовали для придания хлопчатобумажной ткани водоотталкивающих свойств. Применили два метода ведрени сажи в ткань: механический способ и метод Обручева.

На рис. 5 показана динамика процесса впитывания водяной капли в чистую и отстиранную ткань с течением времени. Полное впитывание происходит за время 1 мин и 15 сек.

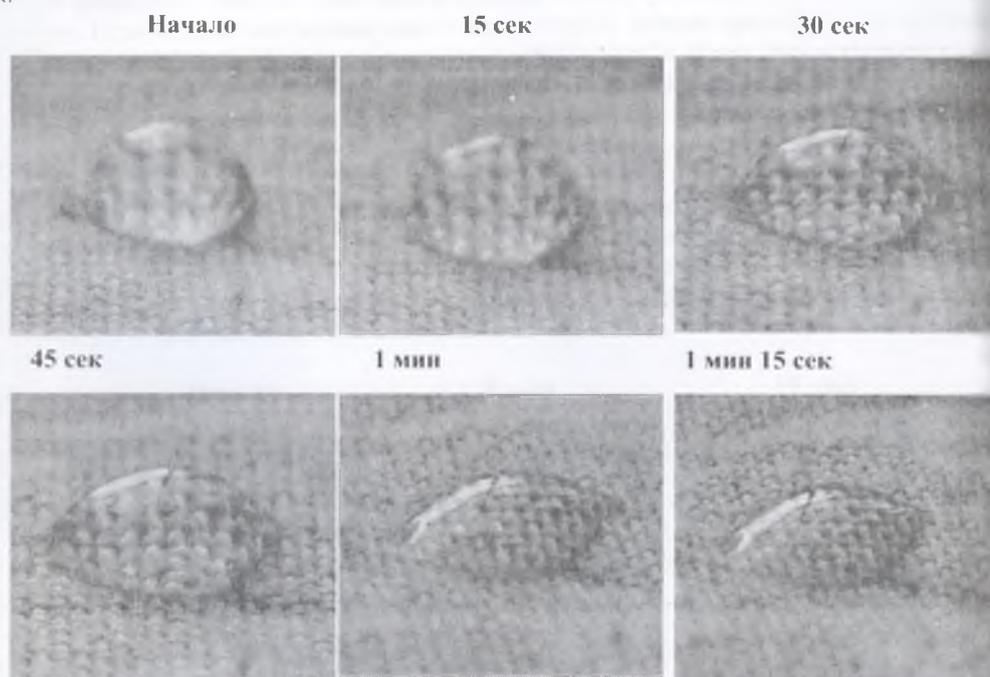


Рис.6 - Динамика впитывания капли воды на отстиранную ткань

На рисунке 7 показаны фотографии поведения капли воды на поверхности отстиранной ткани обработанной в 100 мг 70 % спиртовом растворе содержащей 50 мг супергидрофобной сажи.



Электронно-гидрофобными... объединенная... обработкой... что... облучения... воздействия... свойств... электрического поля... хлопчатобумажной... сажи в ткань... в чистую... время 1 мин. 13



Рис. 7 – Капля воды на отстиранной ткани, обработанной в 70% спиртовом растворе содержащей супергидрофобную сажу

Проведенные исследования показали, что механическое внедрение полученной супергидрофобной сажи в хлопчатобумажную ткань улучшает ее водоотталкивающие свойства. Если полное впитывание капли воды чистой тканью происходит за время 1 мин. 13 сек, то ткань обработанная супергидрофобной сажей не впитала воду в течение суток.

Далее ткань обрабатывали с применением известного метода Обручева, которая применяется для улучшения водонепроницаемых свойств ткани. Хлопчатобумажная ткань была обработана мыльным раствором, затем помещена в насыщенный квасцовый раствор (аммокалиевые квасцы —  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ) в течение 5 минут. Ткань высушивали при комнатной температуре в течение 3 часов. После полного высушивания ткани на ее поверхность наносилась капли воды и с использованием метода фотографирования велось наблюдение динамики впитывания воды в ткань. Полученные результаты приведены на рисунке 8. Водоотталкивающие свойства ткани улучшаются, но с течением времени капля растекается и полностью впитывается в ткань.



Рис. 8 – Капля воды на ткани обработанной методом Обручева [7]

Далее ткань обработали мыльным раствором в которую было добавлено 100 мг полученной гидрофобной сажи. Затем ткань была погружена в насыщенный квасцовый раствор в течение 5 минут. После просушки при комнатной температуре в течение 3 часов, ткань исследовали на гидрофобность путем нанесения на ее поверхность капли воды, рисунок 9.

Начало

15 мин

30 мин



Рис. 9 – Капля воды на ткани обработанной методом Обручева с добавлением сажи обладающей супергидрофобным свойством [7]

Результаты исследований показали, что ткань обработанная методом Обручева с добавлением в мыльный раствор синтезируемой супергидрофобной сажи, обладает исключительным водонепроницаемым свойством, которая сохраняется длительное время. При этом краевой угол смачивания поверхности ткани составляет более  $170^\circ$ .

Для выявления минимальной концентрации гидрофобной сажи, необходимого для придания ткани водонепроницаемости, ткань размером  $3 \text{ см}^2$  была обработана методом Обручева при количествах супергидрофобной сажи 25, 50, 75, и 100 мг в 100 мг мыльного раствора.

Полученные результаты показали что водоотталкивающие свойства сохраняются в очень малых добавках супергидрофобной сажи.

В данной работе применили простые методы внедрение полученной супергидрофобной сажи в ткань - механический способ и метод Обручева. Результаты исследований показали, что применяя метод Обручева с добавкой полученной супергидрофобной сажи, можно создать водонепроницаемую, но легкодышащую ткань [7].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Yuyang Liu,<sup>a</sup>Jing Tang,<sup>b</sup>Ronghua Wang,<sup>a</sup>Haifeng Lu,<sup>a</sup>Li Li,<sup>a</sup>Yeeye Kong,<sup>a</sup>“Kaibao Qi<sup>a</sup> and J. H. Xin<sup>\*a</sup>. Artificial lotus leaf structures from assembling carbon nanotubes and their applications in hydrophobic textiles. // The Royal Society of Chemistry, 2007, № 17, P. 1074-1078.
2. Sayangdev Naha., Swarnendu Sen., Ishwar K. Puri. Flame synthesis of superhydrophobic amorphous carbon surfaces.// Carbon 2007, 45 P. 1696-1716.
3. Sen S., Puri IK. Flame synthesis of carbon nanofibers and nanofiber composites containing encapsulated metal particles.// Nanotechnology, 2004, №15(3), P.264 – 268.
4. Pozzato A., Dal Zilio S., Fois G., Vendramin D., Mistura G., Belotti M. et al. Superhydrophobic surfaces fabricated by nanoimprint lithography.// Microelectron Eng, 2000, №83(4-9), P. 884 – 888.
5. Нажипкызы М., Мансуров З.А., Пури И.К., Лесбаев Б.Т., Шабанова Т.А., Цыганова И.А. Получение супергидрофобной углеродной поверхности при горении пропана //Нефть и газ. - 2010. - №5. – С. 27 - 33.
6. Нажипкызы М., Шабанова Т.А., Лесбаев Б.Т., Антоноук В.И., Мансуров З.А., Пури И.К. Углеродистый депозит, образованный в пламени: (электронно-микроскопическое исследование в РФА изучение.) //Горения и плазмохимия. - 2010. – Т. 8, №2. – С. 169 - 173.
7. Әуелханқызы М., Лесбаев Б.Т., Нажипкызы М. Образование гидрофобной сажи в углеводородных пламенах.// VII Международная научная конференция молодых ученых «Наука и образование - 2011», 25 – 26 августа, С. 354 – 359.