

Отечественное арктическое материаловедение: состояние и перспективы развития

В.М. Бузник, Е.Н. Каблов
ФГУП «ВИАМ» ГНЦ

Заседание Президиума СО РАН
9 марта 2017 г, Новосибирск



Цели доклада

Проинформировать научное сообщество о современном научном и организационном состоянии отечественного АМ

Выявить перспективные научные направления АМ

Предложить конкретные действия по развитию отечественного АМ

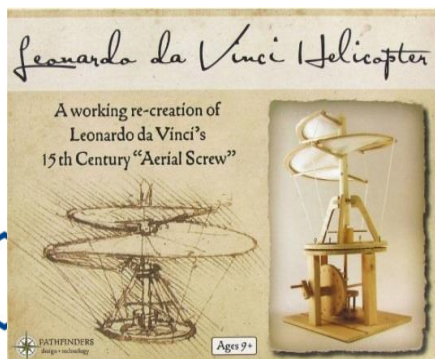
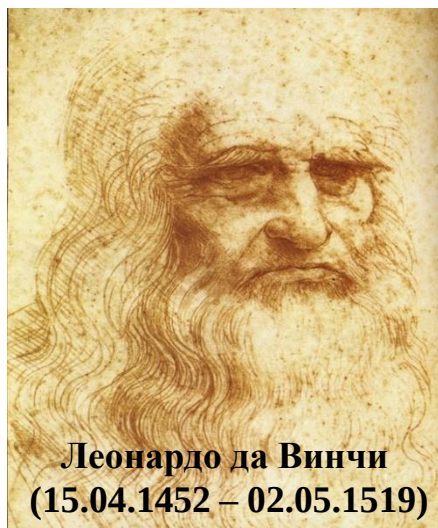
Обсудить возможности сотрудничества исследователей СО РАН с ВИАМ по теме доклада



Значение материалов в реализации научно-технических задумок

«Развитие цивилизации зависит от имеющихся в её распоряжении материалов»

Дж. П. Томсон



Почему между событиями и персонами 500 лет? Причина - отсутствие требуемых материалов для корпуса, двигателя, горючего и др.

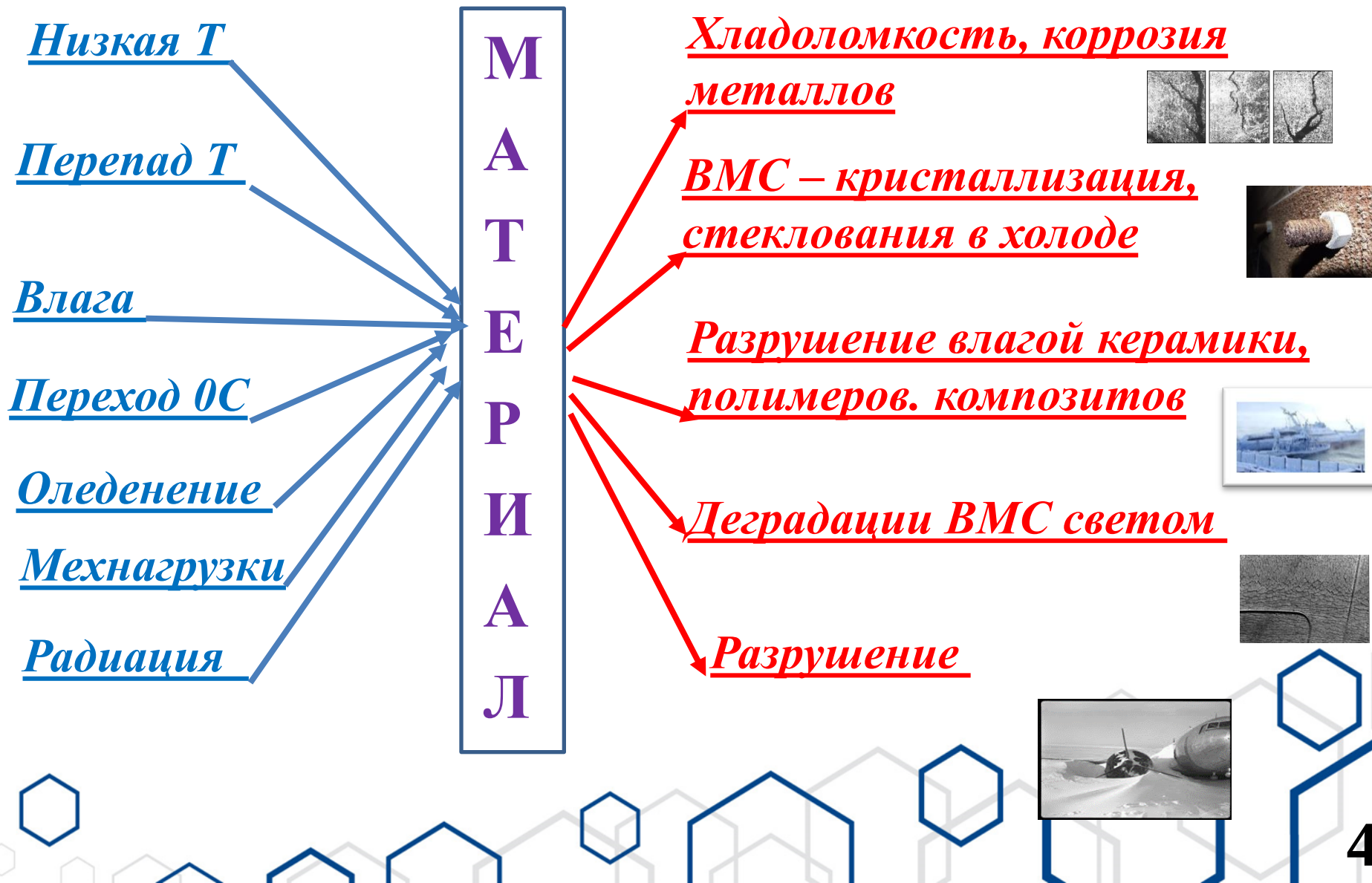


И.И. Сикорский
(25.05.1886 – 26.10.1972)





Действие арктического климата на материалы





Особенности арктических материалов

- *Неизменность эксплуатационных свойств в арктических условиях в течении длительного времени эксплуатации.*
- *Высокая надежность материалов, в силу сложности ремонта и замены, ремонтируемость в условиях Арктики («арктический знак качества»).*
- *Получение материалов из местного сырья (жидкое топливо, ледяные конструкции).*
- *Использование эффективных технологий получения изделий (аддитивные технологии).*
- *Арктические материалы как правило работают и в других климатических зонах.*



Этапы развития арктического материаловедения

СТЕПЕНЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРЕДЕЛА

Интеллектуальные

Многофункциональные, сенсорные, адаптирующиеся, замозалечивающиеся, гибридные, градиентные материалы.

IV



Сложные антропогенные

Полимеры, материалы атомной энергетики, композиты, пористые и волокнистые материалы, новые технологические приемы.

III

Простые антропогенные

Металлические сплавы, нефтепродукты низкой переработки.

II



Природные

Шерсть, шкуры, древесина, уголь, лед.

I

1850

1950

2050

*Мечта
материало
веда*





Современное состояние отечественного арктического материаловедения



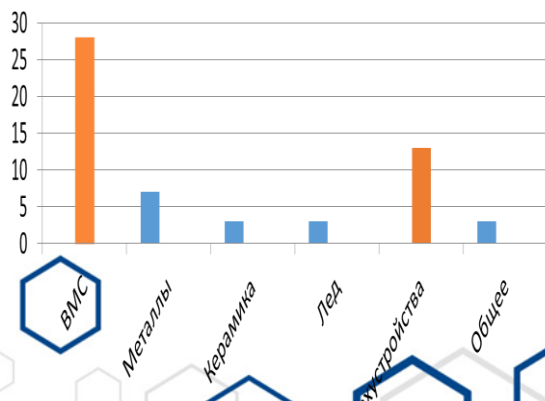
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

«Материалы для технических устройств
и конструкций, применяемых в Арктике»

26 ноября 2015 г.



- *Отставание отечественного АМ от уровня освоения АЗРФ.*
- *Разрозненность и хаотичность исследований.*
- *Эпизодичность исследований во многих случаях.*
- *Отсутствие координации и кооперации между организациями и исследователями.*
- *Ревностное и недоброжелательное отношение между организациями и исследователями.*
- *Отсутствие организаций, занимающихся арктическими материалами в целом (узкая специализация по отдельным типам материалов).*
- *Отечественное АМ выглядит хаотичным, бессистемным и не представляется важным*

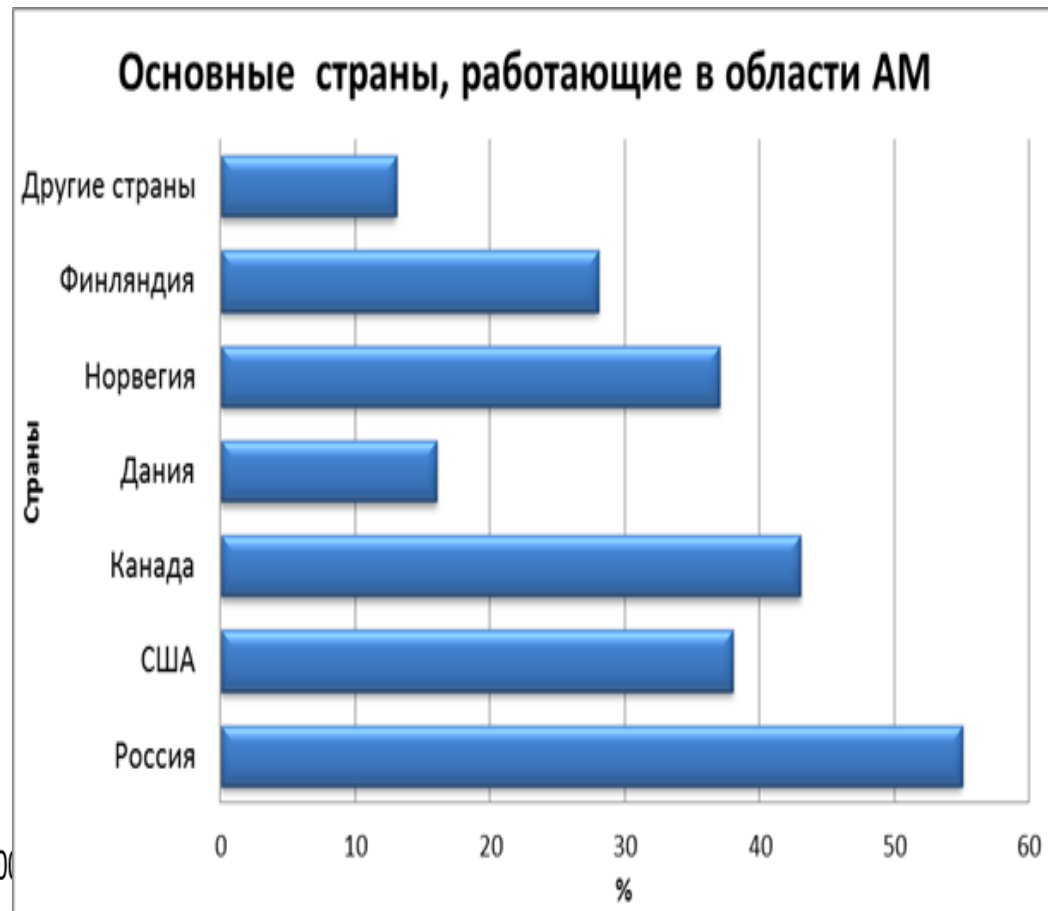
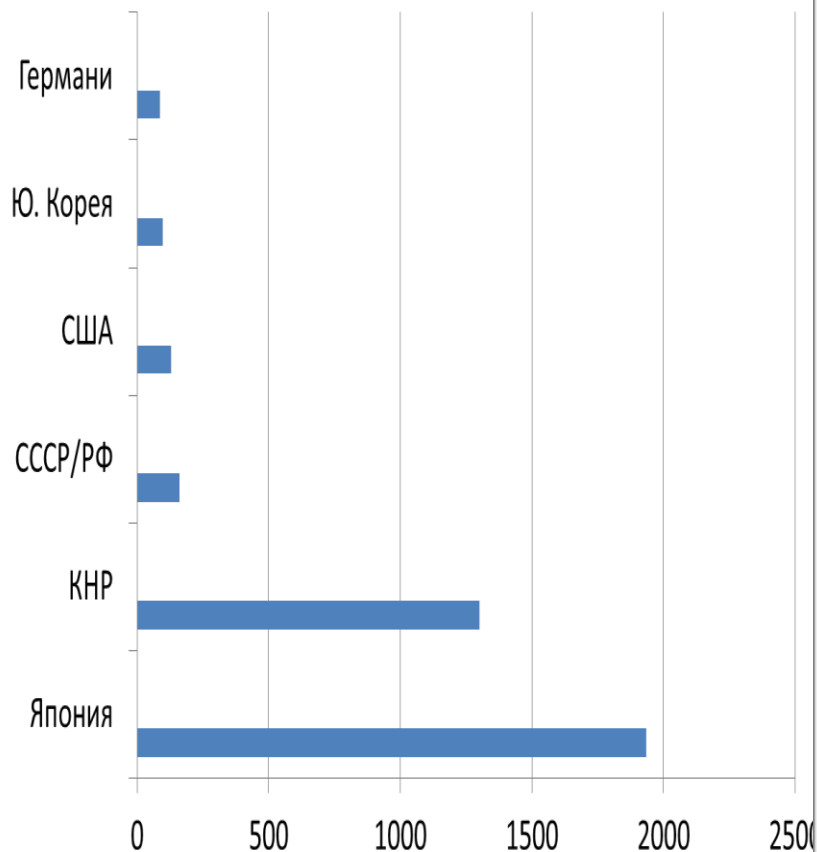


Позитивные факторы, формирующие отечественное арктическое материаловедение

- *Заинтересованность государства в освоении Арктики и наличие конкретных научно-технических задач требующих соответствующих АМ.*
- *Наличие научных коллективов с опытом работы в области АМ.*
- *Наличие государственных научных фондов, проявляющих интерес к Арктике.*
- *Широкое и разнообразное применение арктических материалов, чем только в Арктике.*



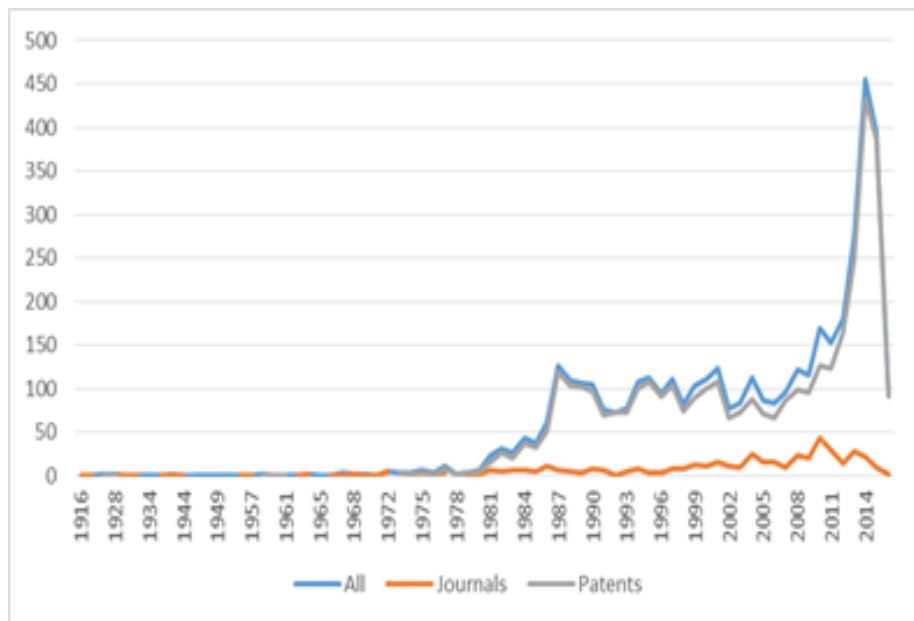
Ощущения и реалии исследовательской активности российского АМ



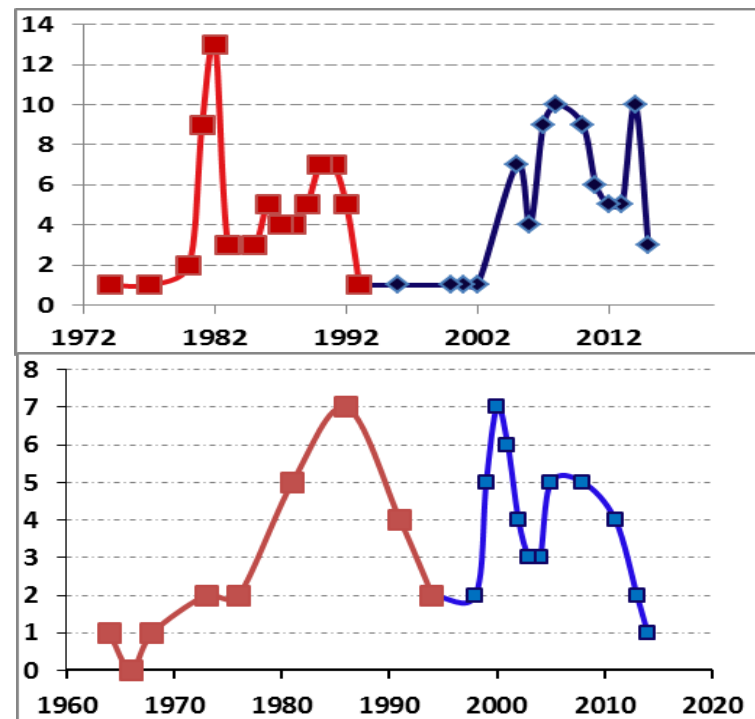
*Слева - библиометрические показатели в мире;
справа – данные опроса российских респондентов.*



Библиометрические показатели АМ (мировые и СССР/РФ)



*Временная динамика мировых публикаций
и патентов по арктическим материалам*

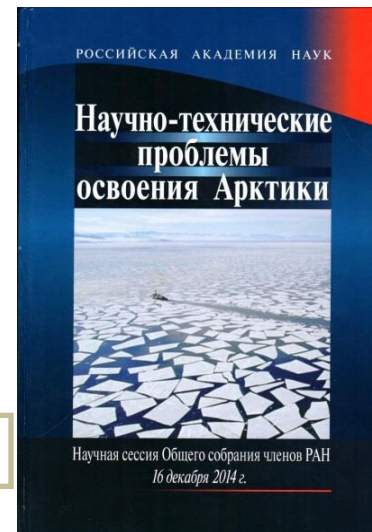
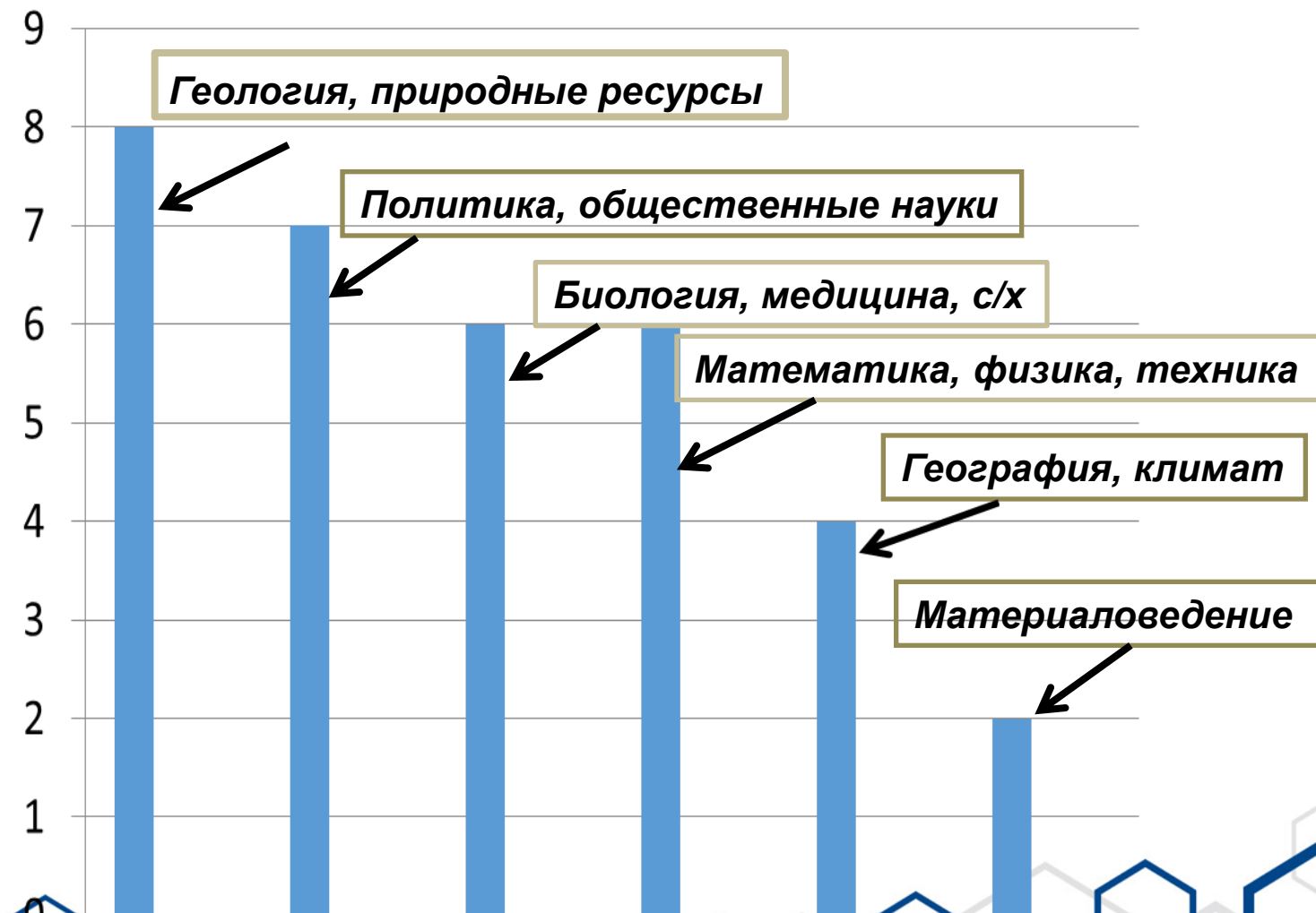


*Динамика числа отечественных
публикаций и патентов по АМ*

Доля патентов в публикациях – 89%, российский вклад - 5%

*АМ – молодая наука в современном представлении, хотя
арктические материалы использовались веками.*

Активность научных направлений РАН по арктическим исследованиям





Программа Президиума РАН «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития АЗРФ»

№	Наименование проекта	Головная организация, город, отделение РАН
7 (75)	<u>Разработка научных основ создания полимерных композиционных ингибированных покрытий для арктических условий</u>	Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН (ИФХЭ РАН) г. Москва
8 (76)	<u>Фото- и магнитоактивные молекулярные и полимерные компоненты, предназначенные для создания новых морозостойких композитов.</u>	Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН (ИОНХ РАН) г. Москва
9 (77)	<u>Новые морозостойкие композиционные материалы и покрытия на основе водоразбавляемых полимерных связующих и высокополярных фталоцианинов.</u>	Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН (ИФХЭ РАН) г. Москва
10 (78)	<u>Фундаментальные основы создания низкотемпературных композиционных смазочных материалов с антикоррозионными свойствами на основе соединений к्लозоборатных анионов.</u>	Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН (ИОНХ РАН) г. Москва
11 (79)	<u>Новые теплоизолирующие композиционные материалы на основе аэрогелей</u>	Институт физиологически активных веществ РАН (ИФАВ РАН) Черноголовка, Московская область
12 (80)	<u>Аэрогели на основе сверхразветвлённых полиметилсилсесквиоксанов- перспективные теплоизолирующие материалы для новых образцов техники. Строительных конструкций и спецодежды, предназначенных для арктических условий.</u>	Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН (ИНЭОС РАН) г. Москва
13 (81)	<u>Многофункциональные композиционные наноматериалы с активным кислородом</u>	Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН (ИОНХ РАН) г. Москва
14 (82)	<u>Разработка научно-технических основ создания композиционных материалов нового поколения на основе термопластов, обеспечивающих работоспособность высоконагруженных деталей техники в Арктике и других экстремальных условиях</u>	Межведомственный центр аналитических исследований в области физики, химии и биологии при президиуме РАН (МЦАИ РАН) г. Москва
15 (85)	<u>Разработка научных основ технологии производства хладостойких низколегированных сталей повышенной эксплуатационной надёжности для применения в Арктике с учётом рассеяния вязкости разрушения в критическом интервале хладноломкости</u>	Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН (ИМЕТ РАН) г. Москва
20 (91)	<u>Создание противообледенительных систем на основе супергидрофобных покрытий для повышения безопасности мореплавания и ведения промысла в арктической зоне.</u>	Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН (ИФХЭ РАН) г. Москва
21 (99)	<u>Исследование процессов трения и изнашивания полимеров в контакте со льдом и снегом, разработка грузовых санных прицепов из композитных материалов.</u>	Институт проблем нефти и газа СО РАН (ИНПГ СО РАН) г. Якутск



Распределение арктических материалов по отраслям (опрос респондентов)





Основные типы арктических материалов, (опрос респондентов)





Перспективные направления арктического материаловедения

№	Направления	
1	Арктическая энергетика	<i>а) материалы и устройства, обеспечивающие малую полярную электроэнергетику; б) материалы для плавучих АЭС.</i>
2	Конструкционные материалы	<i>а) получение экономичных, морозостойких сталей; б) экономичные и эффективные сплавы алюминия; в) эффективные антикоррозионные, гидрофобные, антиобледенительные покрытия, работающие в Арктике.</i>
3	Функциональные материалы	<i>а) покрытия, варьирующие заметность изделий, объектов; б) теплоизоляционные, теплозащитные, вибропоглощающие материалы с улучшенными свойствами, применимые в Арктике.</i>
4	Полимерные материалы	<i>а) разработка и промышленное производство морозостойких эластомеров и изделий из них; б) эффективные клеи и герметики, работающие при низких температурах.</i>
5	Композиционные материалы	<i>а) полимерные композиционные материалы, эффективные в Арктике; б) композиционные материалы на основе льда с улучшенными эксплуатационными свойствами, включая криогели и армированные композиты.</i>
6	Интеллектуальные материалы	<i>а) материалы адаптирующиеся к внешним условиям; б) материалы способные к мониторингу внешнего воздействия; в) самозалечивающиеся, гибридные и градиентные материалы.</i>
7	Новые технологии	<i>а) создание материалов и оборудования для АТ-производства; б) организация местного производства жидкого топлива.</i>



География научных организаций, работающих в области АМ





ВИАМ и арктическое материаловедение

- *ВИАМ – разработчик материалов для полярной авиации.*
- *Требование к авиационным материалам более жесткие, чем к арктическим.*
- *ВИАМ – многопрофильный институт, охватывающий весь спектр арктических материалов.*

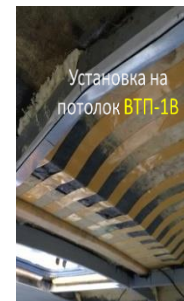


Материалы разработанные в ВИАМ и использованные в вездеходе «Русак»

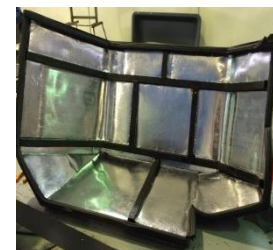
Теплоизоляционный материал ВТИ-25У

Установлено снижение уровня шума в транспортном средстве после установки материалов в диапазоне 3-5 дБ (при разных частотах).

Установка материала ВТП-4В на силовые элементы и крышку двигателя



Установка слоистого вибропоглощающего материала на крышку двигателя



ВТП-1В для напольного покрытия, силового набора

Высокотермостойкие грунтовки и эмали на обвесы колесных арок



Уплотнители из низкотемпературной резины ВР-42

Нанесение первого слоя лакокрасочного покрытия



Нанесение слоя лакокрасочного покрытия

18



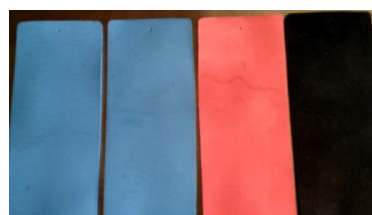
Раскрой и облицовка волокнистого теплоизоляционного материала ВТИ-25У



Установка волокнистого теплоизоляционного материала ВТИ-25У на потолок

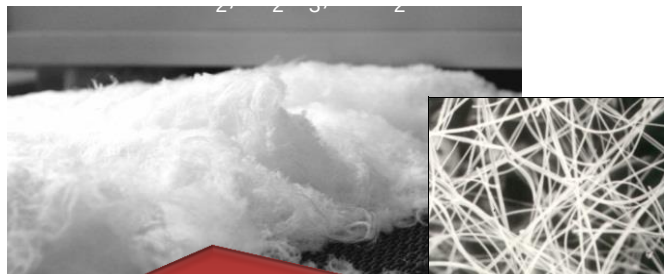


Полисульфидные фторсилоксановые герметики ВИТЭФ-1Бм и ВЭР-1



Высокопористые волокнистые керамические материалы

Высокотемпературные оксидные волокна



- ❖ Плотность: 3,03-4,80 г/см³;
- ❖ Максимальная рабочая температура: 1200-2200°C;
- **Водопоглощение**



Гибкие маты



- ❖ Плотность: 0,10-0,30 г/см³;
- ❖ Максимальная рабочая температура: 1200-1700°C;
- ❖ Коэф-т теплопроводности при 20°C: 0,03-0,06 Вт/(м*К);
- ❖ Критический радиус изгиба (гибкость): 100-600 мм;
- **Водопоглощение (24ч): 500-2000%**

Жесткие плиты

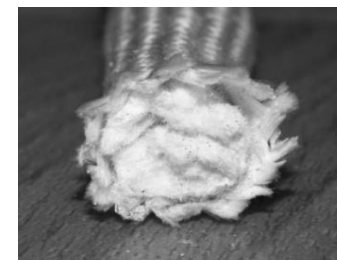
ТЗМК



- ❖ Плотность: 0,14-1,00 г/см³;
- ❖ Максимальная рабочая температура: 1000-1700°C;
- ❖ Коэф-т теплопроводности при 20°C: 0,05-0,07 Вт/(м*К);
- ❖ Прочность при сжатии: 0,4-2,0 МПа;
- ❖ Пористость: 75-95%;
- **Водопоглощение (24ч): 600-700%**

Уплотнительные шнуры

ВШТ-1



- ❖ Линейная плотность: 10-100 г/м;
- ❖ Максимальная рабочая температура: 1000-1800°C;
- ❖ Удельное напряжение сжатия при 20% деформации: 4-19 МПа;
- **Водопоглощение**



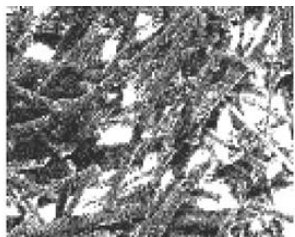
Гидрофобизация ТЗМК раствором фторпарафинов в СК- CO_2



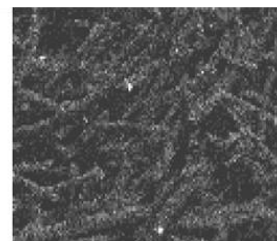
Si Ka1



O Ka1



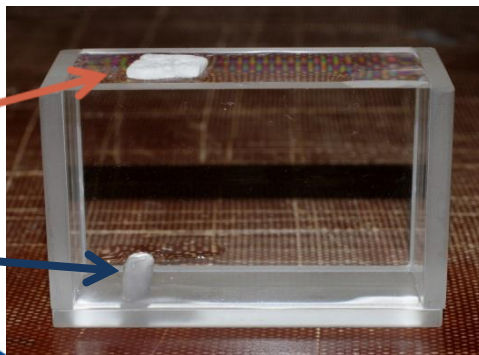
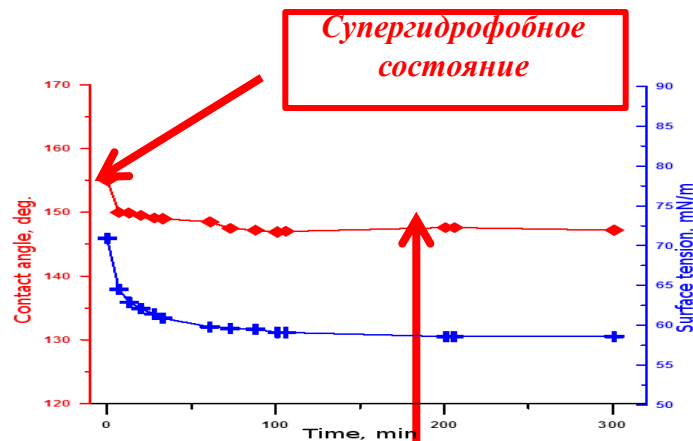
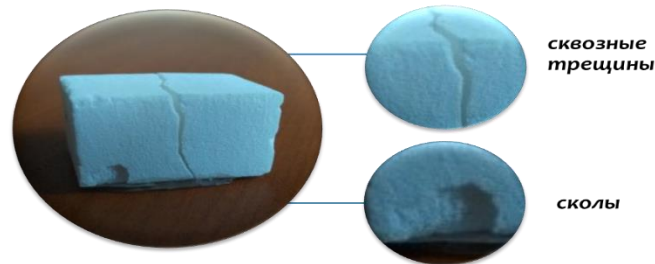
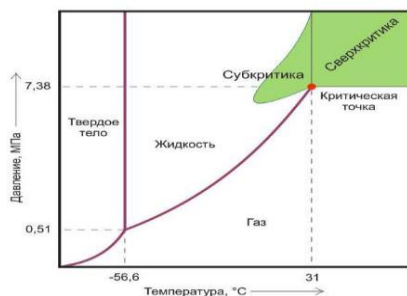
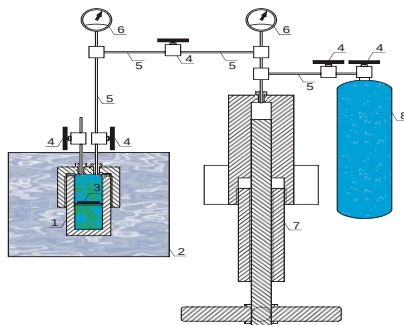
C Ka1_2



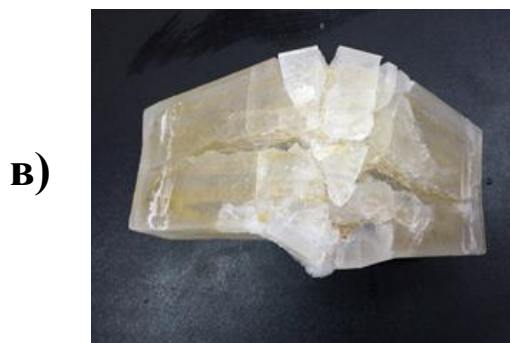
F Ka1_2

РЭМ - изображение обработанного материала ТЗМК-10 по химическим элементам: Si, O, C, F.

Верхний образец ТЗМК-10 обработан фторпарафинами в СК- CO_2 ; нижний образец – необработанный.)



Образование трещин и характер разрушение армированных ледовых композитов



Характер разрушения образцов льда из дистиллята (а) и композитов (б,в) при изгибе

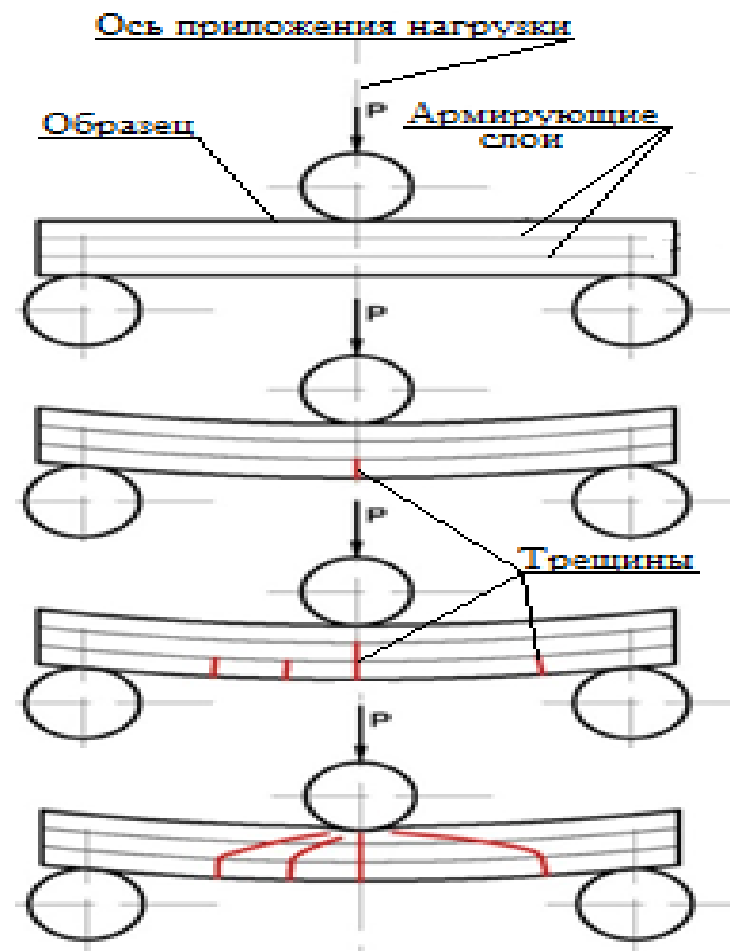
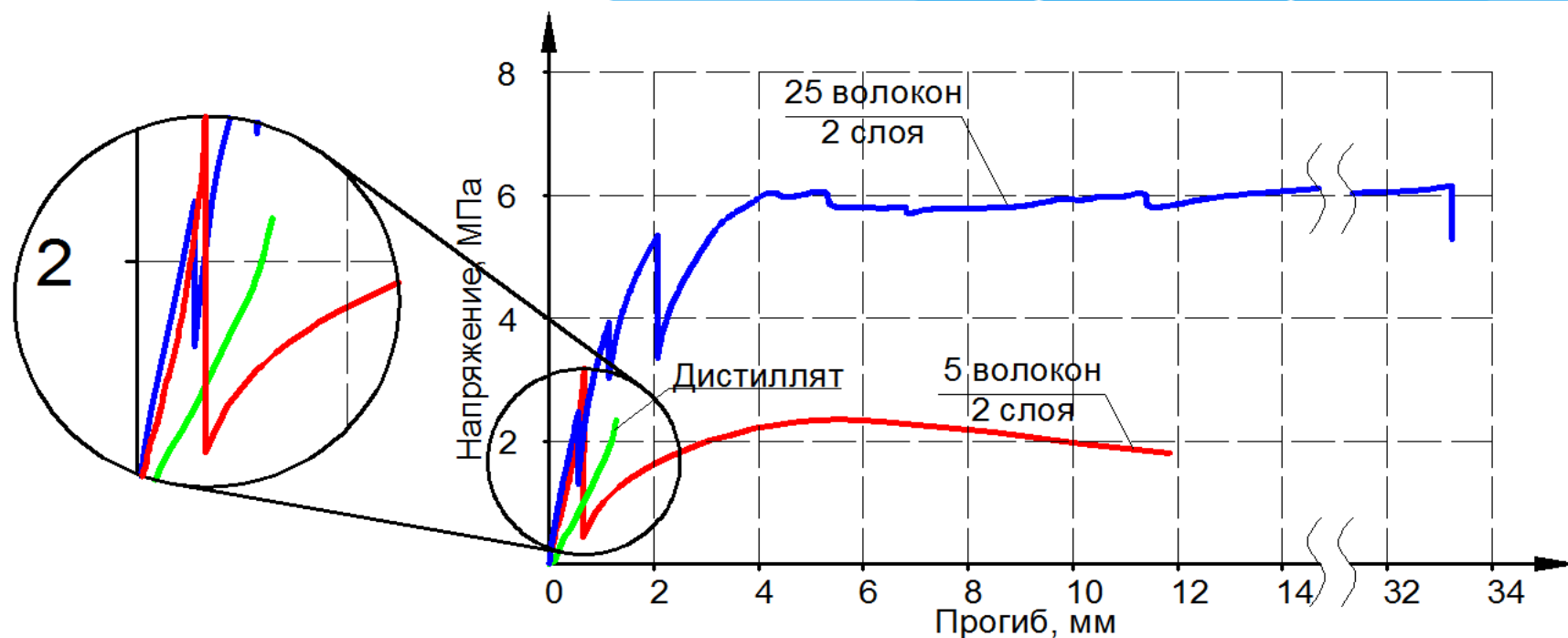


Схема появления трещин в армированном образце

Испытания на изгиб образцов из дистиллята и с армирующими полимерными волокнами



Кривые деформации образцов

Образец	Прочность, МПа	Увеличение	Прогиб до потери несущей способности, мм	Увеличение
Дистиллят	2,35	-	1,3	-
5 волокон, 2 слоя; адгезионный состав	3,29	В 1,4 раза	12,1	В 9,4 раза
25 волокон, 2 слоя адгезионный состав	6,09	В 2,6 раз	33,1	~ в 25 раз



Армирующие материалы

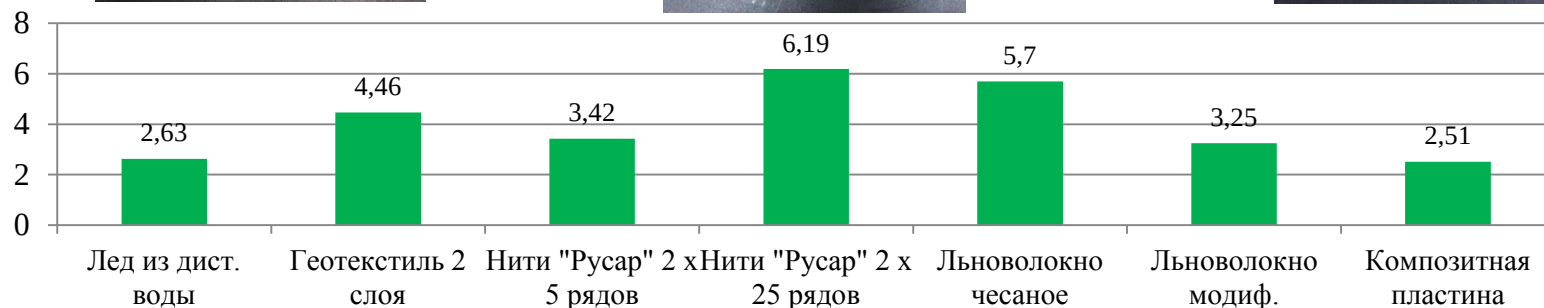
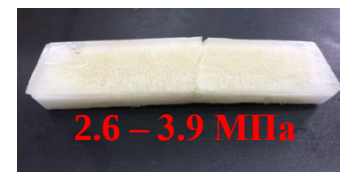
Трехмерные конструкции, полученные методами аддитивных технологий:
объемная решетка (ИПЛИТ-3), ячейки из Кевлара, композитная пластина.



Волокнистые материалы: геотекстильные стекловолоконные сетки,
волокна Русар



Природные растительные наполнители: хвойные иглы, льняное волокно, люффа



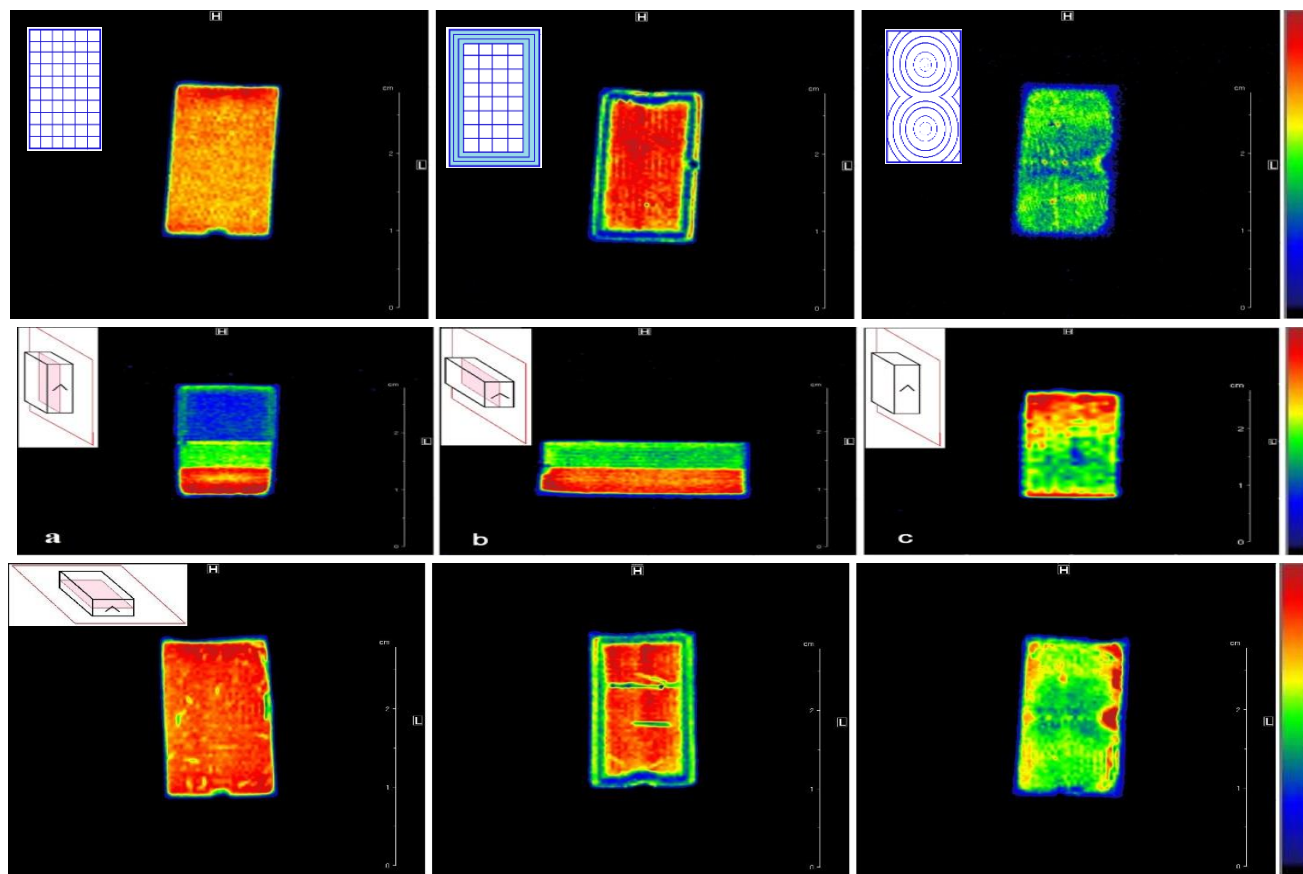


Спецвыпуск **АВИАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**
1/2014 **И ТЕХНОЛОГИИ**
 НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

СОДЕРЖАНИЕ	CONTENTS
От научного редактора	3 From scientific editor
В.М. Бузник, О.В. Фалалеев. Применение ядерного магнитного резонанса для задач авиационного материаловедения	5 V.M. Bouznik, O.V. Falaleev. Application of nuclear magnetic resonance for problems of aircraft materials science
Е.В. Морозов, И.В. Копылов, В.М. Бузник. ЯМР-томография как инструмент исследования и диагностики композиционных материалов и изделий на их основе	17 E.V. Morozov, I.V. Kopylov, V.M. Bouznik. NMR Imaging as an instrument for study and diagnostics of composite materials and articles on their base
И.А. Авлюва, В.М. Бузник, В.И. Волков, Г.Ф. Железина, Е.В. Морозов, А.Е. Раскутин, О.В. Фалалеев. Исследования взаимодействия воды с полимерными композиционными материалами методом ядерного магнитного резонанса	30 I.A. Avlova, V.M. Bouznik, V.I. Volkov, G.F. Zhelezina, E.V. Morozov, A.E. Raskutin, O.V. Falaleev. Study of interaction of polymer composite materials with water using nuclear magnetic resonance methods
Е.В. Морозов, Н.Ф. Гладышев, В.М. Бузник, Т.В. Гладышева. Магниторезонансное томографическое исследование взаимодействия полимерных композиционных материалов с водой и углекислым газом	37 E.V. Morozov, N.F. Gladyshev, V.M. Bouznik, T.V. Gladysheva. Magnetic resonance imaging study of polymer composite materials interaction with water and carbon dioxide

МРТ- исследования полимерных АТ-изделий

(ИФ СОРАН – ИПЛИТ РАН – ВИАМ)



Volume 8 April 2016 ISSN 2017-894X

Additive MANUFACTURING

Editor-in-Chief
R. WICKER

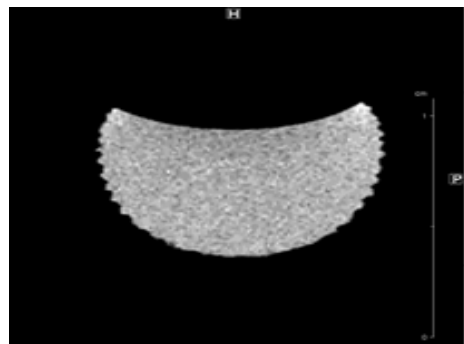
Deputy Editor
E. MACDONALD

E. V. Morozov, M. M. Novikov, V.M. Bouznik. MRI monitoring and non-destructive quality measurement of polymeric patterns manufactured via stereolithography // Additive Manufacturing 12 (2016) 16–24

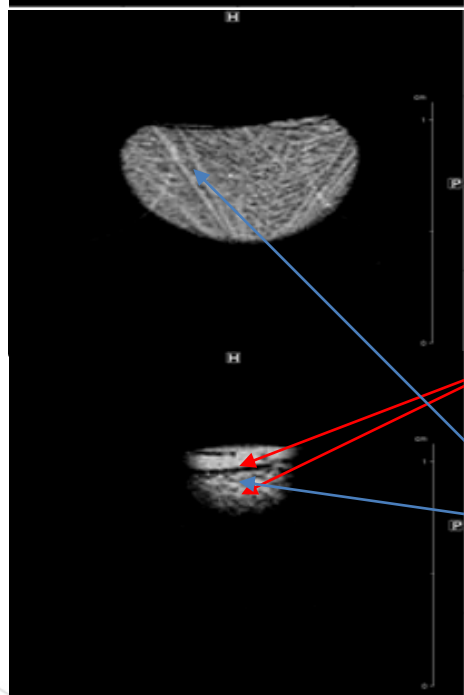


МРТ- исследования льда и ледяных КОМПОЗИТОВ

МРТ- изображение таяния композита лед/древесные опилки



*Время заморозки
1 мин. при -20°C .*

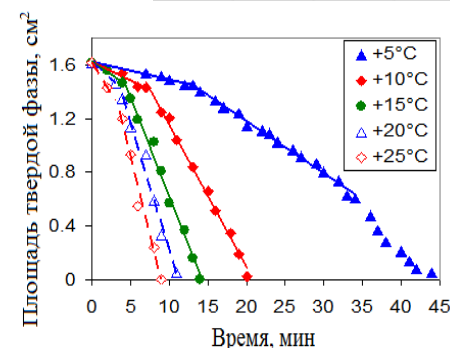
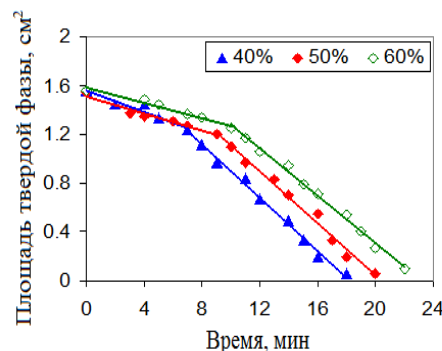
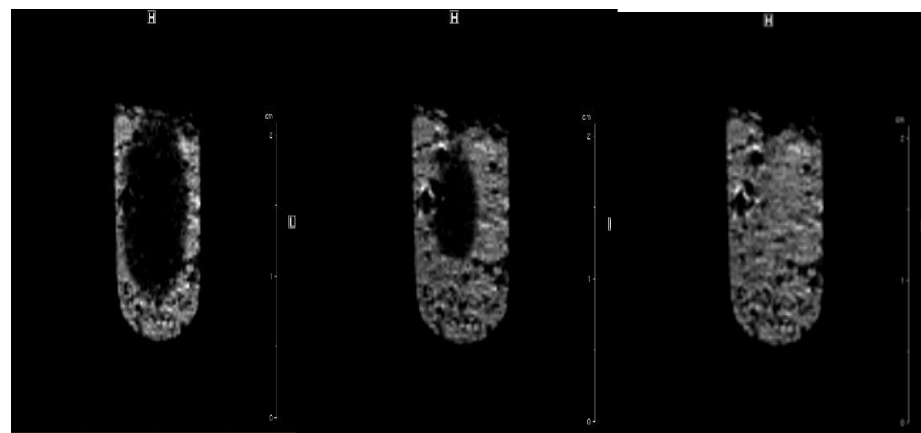


*Время заморозки
10 мин.*

Лед

Вода

*Время заморозки
более 10 мин.*



Кинетические кривые оттаивания смесей с разным содержанием воды при $+10^{\circ}\text{C}$ (а) и при разных температурах с массовой долей 50% (б).



Некоторые исследования СО РАН в области арктического материаловедения

№	Институт	Город	Направление	Взаимодействие с ВИАМ
1	<i>ИХН СО РАН</i>	<i>Томск</i>	<i>Практическое применение криогелий.</i>	
2	<i>ИФПМ СО РАН</i>	<i>Томск</i>	<i>Хладостойкие стали.</i>	
3	<i>ИХХТ СО РАН</i>	<i>Красноярск</i>	<i>Морозостойкие полимеры</i>	
4	<i>ИФ СО РАН</i>	<i>Красноярск</i>	<i>МРТ –исследования ледяных и полимерных композитов</i>	<i>Активное</i>
5	<i>ИПНГ СО РАН</i>	<i>Якутск</i>	<i>Морозостойкие резины</i>	<i>Среднее</i>
6	<i>ИФТПС СО РАН</i>	<i>Якутск</i>	<i>Климатические испытания</i>	<i>Активное</i>



Что делать для усиления арктического материаловедения?

Материаловедам:

- *Необходима кооперация и консолидация научных организаций и исследований..*
- *Создать консорциум АМ с сайтом.*

ВИАМ, в сотрудничестве с другими научными организациями:

- *Завершение Дорожной карты «Развитие отечественного АМ».*
- *Создание компьютерной базы отечественных арктических материалов.*
- *Проведение профильных конференций, школ для молодых ученых.*

РАН, ФАНО, МОН, университеты:

- *Программы РАН должны ориентированы на применение материалов.*
- *Необходима кооперация академических институтов отраслевыми научными организациями и промышленными предприятиями.*
- *Организация подготовки студентов и молодых специалистов по специальности «Арктическое материаловедение».*



Что делать СО РАН?

- *Взаимодействие институтов СО РАН с отраслевыми институтами.*
- *Активизация и координация работ СО РАН по арктическому материаловедению.*
- *Участие в создании ДКАМ и БД по арктическим материалам.*
- *Организация натурных климатических испытаний арктических материалов в условиях Арктики.*



Особенности дорожной карты арктического материаловедения (ДКАМ)

Тип: *исследовательская, нацеленная на развитие научных исследований и применение РНТД.*

База: *материалы опроса экспертов (метод Дельфи); библиометрические и патентометрические данные; обзорная и монографическая литература.*

Последовательность составления: *опрос – библиометрический анализ – составление драфта – общественное обсуждение - доработка по результатам обсуждения.*



Состояние разработки дорожной карты арктического материаловедения



Перспективные
материалы

Маршрутные
карты

Организации,
формирующие
маршрутные
карты

Первый вариант Дорожной карты «Развитие отечественного арктического материаловедения» публикуется в журнале Материаловедение в 2017 г.



База данных по материалам для Арктики

Цель мероприятия – создать отечественную базу данных материалов перспективных для применения в Арктике.

Размещено в Internet-каталоге [карточка]

Размещено в Internet-каталоге Выход

Основные сведения Основные сведения (прод.) Нормативная документация История согласования Возврат на доработку

Классификация: 1. Металлические материалы

Дополнение к классификации: Квасикристаллы\ВКК1К\Порошок

Фотографии:

Марка: ВКК1К

Название: Порошок квазикристаллов марки ВКК1К

Область применения: Изготовление твердых смазок, присадок, антифрикционных и антиприхватающих вкладышей, прокладок и уплотнений для деталей и узлов, применяемых в авиа-, судо-, автомобилестроении и других отраслях промышленности.

Разработчик: ФГУП "ВИАМ"

Изготовитель: ФГУП "ВИАМ"

Правообладатель:

Патент:

Примечание: ТИ 1.595-31-087-2009 содержит секрет производства (ноу-хау), охраняемый в режиме

Телефоны: 8-495-366-72-47

Лаборатория: 631 Терр.: 2

Ответственный: Черепанин Р.Н.

**Возможность применения материала в
Арктических условиях**





Благодарим за внимание!

