


Российская Академия Наук
**НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО МАТЕРИАЛАМ И
НАНОМАТЕРИАЛАМ**

119991, Москва, Ленинский пр., 14
тел: (499)237-00-41, (49652)244-76
e-mail: aldoshin@presidium.ras.ru
badamsh@icp.ac.ru

Председателю Комитета
Совета Федераций
по экономической политике
А.В. Кутепову

Уважаемый Андрей Викторович!

В соответствии с запросом №36-14/5084 от 13.декабря 2022 г. высылаем материалы по итогам заседаний Научного совета РАН по материалам и наноматериалам (Аналитические записки, Расширенные решения Совета и др.), в которых определены текущие барьеры в области материалов и пути их преодоления, для проведения «круглого стола» по теме «О поддержке развития производства новых материалов и веществ в Российской Федерации.

Приложения:

Аналитические записки – 2,

Расширенные решения Совета – 2,

Разработки РАН в области малотоннажной химии – 1.

Председатель Научного Совета РАН
по материалам и наноматериалам,
вице-президент РАН

академик



С.М. Алдошин

Ученый секретарь Совета,
дхн



Э.Р. Бадамшина

РАСШИРЕННОЕ РЕШЕНИЕ
по итогам заседаний
Научного совета РАН по материалам и наноматериалам,
посвященных аддитивным технологиям

В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 (в ред. Указа Президента Российской Федерации от 15 марта 2021 г. № 143) в число приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации на ближайшие 10-15 лет включен пункт:

- переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта.

Данному направлению полностью соответствуют аддитивные технологии, которые являются доминантой нового, VI технологического уклада и одной из главных мировых тенденций принципиального изменения облика промышленного производства.

Ежегодный устойчивый тренд финансового роста отрасли аддитивного производства обусловлен планомерным освоением материаловедцами, технологами и конструкторами новых возможностей. Это, в частности, изготовление (прямое выращивание) сложнопрофильных изделий в виде единой конструкции, исключая сварные и паяные соединения, снижение массы элементов конструкций до 50%; повышение производительности технологии изготовления до 30 раз, изготовление новых конструктивно упрочненных, которые невозможно изготовить по традиционным технологиям, а также повышение коэффициента использования материалов до 0,98.

В соответствии со сформированной в мировом научном сообществе концепцией аддитивные технологии делятся на три уровня. Первый уровень – это изготовление оснастки, выжигаемых и выплавляемых моделей для производства деталей методом точного литья. Второй уровень включает в себя производство прототипов деталей для отработки разрабатываемых конструкций. Третий – изготовление деталей для проведения стендовых и натурных испытаний, удовлетворяющих требованиям нормативной и конструкторской документации, с последующей организацией их серийного производства.

Реализация аддитивных технологий третьего уровня является сложнейшей задачей, которая может быть решена только в рамках парадигмы единого материаловедческого сопровождения на всех стадиях создания материала и изделия: «материал – технология – конструкция – оборудование» с

обязательным созданием крупных научных центров, обладающих полным циклом аддитивного производства.

Успешным примером реализации третьего уровня аддитивных технологий является Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов (ВИАМ), в котором создан первый и единственный в нашей стране полный (замкнутый) цикл аддитивного производства.

Вместе с тем доля Российской Федерации на мировом рынке аддитивных технологий в настоящее время составляет всего 1,5%, а соотношение количества деталей третьего уровня к демонстраторам – 3 к 97. В то же время в США и Евросоюзе уже изготавливается до 30% ресурсных деталей по аддитивной технологии третьего уровня для сложных технических систем, что свидетельствует о нашем серьезном отставании.

В Прогнозе научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утверждено Правительством РФ 3 января 2014 г.) в разделе «Перспективные рынки, продукты и услуги» отмечено развитие средств автоматизированного формирования материальных объектов на основе цифровых моделей этих объектов (аддитивные технологии и т.п.).

Для сокращения отставания Российской Федерации в разработке и внедрении передовых цифровых аддитивных технологий, во исполнение поручений заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России (Протокол от 16 сентября 2014 г. № 5), ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ совместно с Минпромторгом России, госкорпорациями «Ростех», «Роскосмос», «Росатом» и их интегрированными структурами, институтами РАН разработан Комплексный план мероприятий по развитию и внедрению аддитивных технологий в Российской Федерации. В составе Комплексного плана выделено 7 основных мероприятий.

Комплексный план рассмотрен и согласован 10 июля 2018 г. на заседании Межведомственной рабочей группы Минпромторга России по развитию аддитивных технологий в Российской Федерации.

С целью реализации первоочередных мероприятий Комплексного плана мероприятий по развитию и внедрению аддитивных технологий в Российской Федерации на базе ФГУП «ВИАМ» 19 февраля 2020 г. проведено межотраслевое совещание с участием представителей Минпромторга России, Министерства энергетики России, институтов РАН, генеральных конструкторов предприятий входящих в государственные корпорации и интегрированные структуры, Фонда перспективных исследований на котором утверждены первоочередные мероприятия в области развития аддитивных технологий требующие срочно финансирования.

Для дальнейшего развития направления Стратегии НТР РФ «переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта», неотъемлемой частью которого являются аддитивные технологии, заключено Соглашение по развитию в Российской Федерации высокотехнологичной области «Технологии новых материалов и веществ» между Правительством РФ и Госкорпорацией «Росатом», в рамках которого разработана «Дорожная карта» развития на период до 2024 года. Общее руководство, включая как утверждение Дорожной карты, так и координацию деятельности федеральных органов исполнительной власти, осуществляется куратором высокотехнологичной области «Технологии новых материалов и веществ» – Заместителем Председателя Правительства Российской Федерации Борисовым Ю.И. (распоряжение Правительства Российской Федерации от 15.02.2020 № 303-Р, далее – Распоряжение).

Основным принципом, положенным в основу разработанной организационной структуры управления Дорожной картой, является консолидация компетенций и учет интересов всех потенциальных участников процесса: государственных компаний, бизнеса, образования и науки.

Развитие аддитивных технологий является важной частью реализации национальных целей, поставленных Президентом страны. Правительство РФ 14 июля 2021 года утвердило Стратегию развития аддитивных технологий в РФ на период до 2030 года. Стратегия предполагает рост рынка аддитивных технологий к 2030 году более чем в три раза, а объем производства российских компаний должен увеличиться более чем в семь раз. Долгосрочный рост отрасли должен составить не менее 14% в год.

В связи с вышеизложенным, очевидно, что формирование новой высокотехнологичной отрасли в стране потребует укрепления научного и кадрового потенциала, активизации процессов импортозамещения, кооперации организаций лидеров для комплексной сборки компетенций: передовые материалы, аддитивные технологии, оборудование, программное обеспечение, цифровое конструирование и производство на базе отечественных компонентов и сырья, иными словами – предложить комплексное решение задачи развития аддитивных технологий в России.

В этом плане ключевой задачей становится повышение роли институтов РАН, университетов, Государственных научных центров Российской Федерации в постановке и решении фундаментальных и прикладных задач в области аддитивного производства, к которым, в частности, относятся следующие:

- Разработка химико-технологических основ получения высокочистых материалов для аддитивных технологий на основе металлических, полимерных и керамических систем.

- Моделирование температурных полей и процессов формирования материалов при лазерном (электроннолучевом) синтезе для мультитрековой структуры (в настоящее время все модели относительно корректно описывают формирование лишь отдельного трека).

- Разработка алгоритмов и принципов объективного контроля формирования синтезированного материала в процессе экспонирования.

- Разработка новых методов неразрушающего контроля деталей аддитивного производства.

- Разработка отечественного программного обеспечения, сканатора и контроллеров для аддитивного оборудования.

Следует особо подчеркнуть, что в условиях санкционного давления зарубежных стран для развития аддитивных технологий в Российской Федерации необходимо обеспечить:

- Координацию деятельности научных организаций и производственных предприятий по внедрению цифровых и аддитивных технологий нового поколения, включая трансфер технологий и научно-техническое сопровождение, в том числе в рамках реализации крупных инновационных проектов полного цикла, направленных на создание технологических решений, обеспечивающих полный «жизненный» цикл – от получения исходного сырья до конечных продуктов (инновационных изделий) в различных отраслях промышленности, с учетом задач государственных корпораций, интегрированных структур и критических технологий развития науки, техники и технологий РФ.

- Разработку и производство металлических, керамических и полимерных материалов (в том числе высокочистых) для аддитивных технологий.

- Создание отечественного программного обеспечения для управления процессами аддитивного производства, топологической оптимизации, подготовки электронных моделей к печати, управления жизненным циклом продукции аддитивного производства.

- Разработку и серийное производство отечественного оборудования (на российской компонентной базе, включая лазеры, сканаторы, микроконтроллеры, электронно-лучевые пушки) для технологий селективного лазерного сплавления, селективного электронно-лучевого сплавления и прямого лазерного выращивания, а также для технологий прямой цифровой печати (включая системы дозирования: диспенсеры, печатные головки, экструдеры).

- Разработку методик и технологий неразрушающего контроля изделий аддитивного производства;
- Создание системы подготовки кадров высшей квалификации с компетенциями в области аддитивных технологий.
- Санитарно-гигиеническую оценку безопасности аддитивных технологий, применяемого технологического оборудования и сырьевых материалов для здоровья работников предприятий и состояния окружающей среды; разработку гигиенических нормативов безопасного использования аддитивных технологий.

Отсюда следует, что необходимо комплексное решение, включающее вышеперечисленные составные части: аддитивное оборудование, технологии, программное обеспечение, материалы, нормативные документы.

На основании вышеизложенного и на основании докладов, заслушанных на заседаниях, посвященных аддитивным технологиям, Научный совет по материалам и наноматериалам считает необходимым следующее:

1. Учитывая, что внедрение аддитивных технологий, обуславливающих переход промышленности к новому технологическому укладу в интересах создания перспективных образцов сложных технических систем, конкурентоспособных на мировом рынке, имеет государственное значение для обеспечения технологической независимости и национальной безопасности Российской Федерации и требует межведомственной и межотраслевой координации НИР и ОКР следует поддержать *необходимость*:
 - формирования Комплексной научно-технической программы (КНТП) по аддитивным технологиям;
 - включения в формируемый комплексный план научных исследований в целях реализации комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Аддитивные технологии. Новые материалы и технологические процессы» проекты, заслушанные на заседаниях Совета.
 - реализации с 2021 года первоочередных работ Комплексного плана по развитию и внедрению аддитивных технологий в Российской Федерации до 2025 года в рамках НИОКР шифр «Комплекс» (решение о необходимости реализации рассмотрено 28.01.21 года на совещании под председательством Министра промышленности и торговли Российской Федерации Д.В. Мантурова, протокол № 17-МД/06)
2. Для системного развития в Российской Федерации аддитивных технологий считать целесообразным создание Центра «Материалы и цифровые технологии производства».
3. Отметить необходимость отдельного НИОКР по разработке отечественного оборудования (на российской компонентной базе, включая лазеры,

сканаторы, микроконтроллеры, электронно-лучевые пушки и др.) для технологий селективного лазерного сплавления, селективного электронно-лучевого сплавления и прямого лазерного выращивания и разработке отечественного программного обеспечения для управления процессами аддитивного производства, топологической оптимизации, подготовки электронных моделей к печати, управления жизненным циклом продукции аддитивного производства.

4. Отметить необходимость создания системы подготовки специалистов высшей квалификации с компетенциями в области аддитивных технологий.
5. Выйти с предложением в Министерство науки и высшего образования РФ и Российский научный фонд об объявлении отдельных конкурсов, ориентированных фундаментальных научных исследований по актуальным междисциплинарным темам в области аддитивных технологий, включая: разработку материалов нового поколения для аддитивных технологий и эффективных технологий их получения на основе сырьевой базы РФ, оптимизацию технологических процессов аддитивного производства и контроля качества серийных изделий; создание отечественного оборудования и программного обеспечения для аддитивного производства. В таких конкурсах, преимущественно, будут поддержаны проекты, объединяющие функционирующие в стране малые научные группы, производителей оборудования, лабораторных и опытно-промышленных партий материалов и изделий, а также будущих потребителей продукции.

Председатель Научного Совета РАН
по материалам и наноматериалам

академик

С.М. Алдошин

Ученый секретарь Совета,

дхн

Э.Р. Бадамшина

Аналитическая записка

о возможностях реализации на базе научно-исследовательских и опытно-конструкторских технологических работ в программе полного цикла (с организацией производства) крупномасштабных проектов по разработке, созданию и промышленному освоению нового поколения металлических наноструктурированных функциональных и конструкционных материалов

В последние два десятилетия во всем мире активно разрабатываются и исследуются объемные наноструктурные (НС), субмикрористаллические (СМК), а также ультрамелкозернистые (УМЗ) металлы и сплавы, полученные воздействием интенсивной пластической деформацией (ИПД) в сочетании с традиционными методами механико-термической обработки. В соответствии с принятой в отечественной литературе терминологией к СМК материалам относятся металлы и сплавы с размером зерен менее 1 мкм, а к НС - менее 100 нм. Однако во многих случаях в структуре СМК металлов и сплавов при среднем размере зерен в несколько сот нанометров доля наноразмерных зерен (диаметром менее 100 нм) может составлять до нескольких десятков процентов. При этом именно наличие наноразмерных зерен определяет проявление уникальных механических, физических и других свойств материалов. Интерес к рассматриваемым материалам обусловлен прежде всего их физико-химическими и механическими свойствами, существенно отличающимися от соответствующих для обычных мелкозернистых (размер зерен порядка нескольких микрон) и, тем более, от крупнозернистых (размер зерен более 10 мкм) поликристаллов. В частности, металлы и сплавы в наноструктурном состоянии обладают высокой прочностью при сохранении удовлетворительной или, в некоторых случаях, даже более высокой пластичностью, чем в мелкозернистом состоянии. В них наблюдается низкотемпературная и/или высокоскоростная сверхпластичность. Указанные свойства СМК и НС металлов и сплавов определяют широкую перспективу для их практического применения. В частности, в таких материалах изменяются фундаментальные (обычно структурно-нечувствительные) свойства, такие как упругие модули, температуры Кюри и Дебая, удельная теплоемкость и другие. Эта особенность также может быть использована для практических применений.

В последние годы исследования в области совершенствования методов интенсивной пластической деформации перешли из разряда научно-исследовательских в категорию опытно-промышленных. При этом освоение результатов научно-исследовательских работ в промышленности столкнулось с серьезными трудностями, связанными с удорожанием материала заготовок вследствие проведения дополнительной обработки, формирующей СМК и НС состояния, соответственно, низкой производительностью рассмотренных выше методов. Кроме этого, возникли трудности при дальнейшем переделе наноструктурированных полуфабрикатов до требуемой номенклатуры промышленного сортамента (листы, пластины, прутки заданного размера и другое), то есть в условиях температурных и силовых воздействий, исключающих деградацию наноструктуры (рост или изменение формы нанозерен) и связанное с этим разупрочнение материала. Решение данной проблемы требует проведения дальнейших работ по поиску новых и совершенствованию существующих способов получения металлов и сплавов в СМК и НС состояниях.

В соответствии с вышеизложенным, получение объемных заготовок наноструктурных металлов и сплавов методами ИПД стало одним из наиболее перспективных направлений в области физического материаловедения и технологий обработки материалов. Показателем перспективности и важности для развития науки и техники исследований в рассматриваемом направлении является то, что в большинстве развитых стран по данной тематике работают сотни организаций, среди которых ведущими являются:

в США - Лос-Аламосская национальная лаборатория (Лос-Аламос), Университет Южной Калифорнии (Лос-Анжелес), Йельский университет (Нью Хейвен), Калифорнийский университет (Дэвис, Калифорния);

в Японии - Университет Тохоку (Сендай); Университет Кюсю (Фукуока);

в Китае - Чжэцзянский университет (Ханчжоу); Институт нанонауки (Нанкин),

в Австралии - Университет им. Монаше (Мельбурн),

а также целый ряд европейских университетов и научно-исследовательских центров – Институт нанотехнологий Технологического института Карлсруэ (Карлсруэ, Германия), Институт микро- и наноматериалов Ульмского университета (Ульм, Германия), Институт Макса Планка (Дюссельдорф, Германия), Политехнический институт Гренобля (Гренобль, Франция), Руанский университет (Руан, Франция) и др.

Особую важность работы по наноструктурированию металлов и сплавов имеют для решения проблемы создания нового поколения материалов для медицинских имплантатов, деталей протезов и эндопротезов, особенно в Российской Федерации, где в последние годы имеет место ухудшение статистики заболеваний костно-мышечной системы, рост числа травм при недостатке подобных материалов и изделий отечественного производства. При этом в связи со значительным отставанием отечественной медицинской промышленности от аналогичных отраслей экономически развитых стран в структуре потребления ежегодно растет доля импортных медицинских изделий различного назначения. Доля медицинской продукции, произведенной в Российской Федерации, составляет менее 25 процентов от объема соответствующего сегмента рынка.

В настоящее время наиболее распространенными во всем мире материалами для изготовления имплантатов и эндопротезов были и остаются титан и традиционные сплавы на его основе. Высокая прочность последних достигается комплексным легированием, в том числе вредными для живого организма химическими элементами, например, такими как ванадий и алюминий. Наноструктурированные титановые сплавы свободны от этого недостатка, поскольку необходимый уровень прочности в них достигается за счет измельчения зеренной структуры. Уникальные характеристики биосовместимости таких материалов удастся достичь с использованием разработанных отечественными учеными технологий формирования искусственных биоинертных и биоактивных покрытий, а также методами модификации поверхности для создания многомодальной поверхностной шероховатости с сохранением наноструктурированного состояния в приповерхностных слоях и объеме материала (например, обработкой фемтосекундным лазерным облучением) с целью создания функционализированной поверхности, обладающей супергидрофильными или супергидрофобными свойствами и способной воспроизводить клеточное микроокружение.

В качестве эффективных костных имплантатов, обеспечивающих их соединение и регенерацию при повреждениях после травм могут быть использованы также сплавы на

основе магния. По плотности и механическим свойствам магниевых и малолегированные сплавы на его основе близки к плотности и механическим свойствам костных тканей человека. В процессе заживания и срастывания поврежденных участков одновременно происходит растворение имплантата в окружающей среде с заменой их костной тканью. Легирование и измельчение зерна позволяют обеспечить нужную скорость резорбции и получать не требующие удаления (полностью растворимые без вреда для организма) имплантаты из ультрамелкозернистых магниевых сплавов систем Mg-Ca, Mg-Zn-Ca, Mg-RZM и других.

Планируется развитие производства высокопрочных и наноструктурированных алюминиевых сплавов, в том числе с использованием легирования скандием и другими редкоземельными элементами. Установлено, что полуфабрикаты из наноструктурных алюминиевых сплавов наиболее эффективно использовать при дальнейшей сверхпластической формовке деталей для машиностроения, авто- и авиапромышленности. При этом за счет реализации низкотемпературной и/или высокоскоростной сверхпластичности процесс получается менее энергоемким, а конечные изделия высокопрочными и долговечными. Показана возможность использования наноструктурных сплавов систем Al-Mg-Si, Al-Zr, Al-Fe после старения в качестве электрических проводников. Такие проводники обладают одновременно повышенными прочностью и электропроводностью.

Продемонстрирована эффективность использования УМЗ низколегированных медных сплавов в электротехнической промышленности. Создание УМЗ структуры в хромовых бронзах с добавками циркония и гафния приводит к значительному измельчению структуры и повышению прочности, а последующий нагрев обуславливает дальнейшее повышение прочности, термической стабильности упрочнения и электропроводности за счет распада пересыщенного твердого раствора с выделением дисперсных частиц второй фазы. Такие УМЗ низколегированные бронзы с повышенной прочностью, электропроводностью и износостойкостью могут быть использованы в качестве сварочных электродов и электрических проводников. Установлена эффективность использования полуфабрикатов из УМЗ латуней, полученных ИПД, для производства специзделий (снайперские патроны и др.) в режиме сверхпластической формовки.

В России может быть сформирован консорциум академических, вузовских и отраслевых организаций и предприятий как для проведения дополнительных углубленных фундаментальных и поисковых исследований, так и для разработки промышленных технологий получения наноструктурных металлических материалов различного назначения и их освоения в производстве. Организации-участники консорциума являются признанными в мире центрами по тематике наноструктурных ИПД материалов. Пионерские исследования по получению наноструктурных материалов методами ИПД были выполнены в России в начале 90-х годов прошлого века. Специалисты, работающие в этих организациях, сохраняют за собой ведущие позиции в мировых научных рейтингах в данной области, активно публикуются в ведущих отечественных и международных журналах.

К настоящему времени в основном завершены разработки научных основ промышленных технологий наноструктурирования методами ИПД металлов и сплавов различного назначения. В Уфе, Белгороде и Томске созданы опытно-промышленные участки по их малотоннажному производству, а в Черноголовке, Москве и Белгороде – по

комплексной поверхностной обработке с достижением экстремальных характеристик физико-химических свойств поверхности. Однако для развития инновационной деятельности в рассматриваемом направлении необходимы как проведение дополнительных углубленных фундаментальных и поисковых исследований, так и дальнейшее совершенствование промышленных технологий получения наноструктурных металлических материалов различного назначения и создание современной производственной инфраструктуры.

Другим важнейшим научно-техническим направлением работ по наноматериалам является разработка и создание многофункциональных аморфных и нанокристаллических материалов, получаемых закалкой из расплава и обладающих высокими, а в ряде случаев уникальными физико-механическими свойствами. Дополнительное повышение многофункциональных характеристик металлических материалов в этом случае может быть достигнуто путем сочетания закалки из расплава с другими методами экстремальных воздействий на твердое тело (большая и криогенная деформация, лазерное и ультразвуковое воздействия и другие). На основе научных подходов инженерии границ зерен с использованием технологии закалки из расплава удается получить структурные состояния сплавов, прочность которых близка к теоретическому пределу. Такие материалы находят широкое применение в качестве активных элементов трансформаторов и различных преобразователей энергии, радиопоглощающих устройств, высокоэффективных припоев, оптических, электротехнических и электронных сенсоров и реле, бесконтактных тензодатчиков, медицинских приборов, армирующих элементов, пружин, износостойких покрытий, а также в других функциональных устройствах. Данные материалы обладают высоким потенциалом для различных отраслей промышленности – авиастроения, машиностроения, двигателестроения, медицины. Имеется позитивный опыт ЦНИИчермет им. И.П. Бардина в содружестве с ОАО «Центральное конструкторское бюро специальных радиоматериалов» (г. Москва) в разработке и внедрении в производство аморфного ферромагнитного микропровода. Это направление инновационной деятельности может быть расширено в части создания конструкционных композиционных поглотителей электромагнитных волн. Большой инновационный потенциал имеет опыт НИЯУ «МИФИ» по применению функциональных материалов с эффектом памяти формы (ЭПФ) на основе тонких быстрозакаленных лент в целом ряде быстродействующих устройств, используемых в качестве: элементов оптических процессоров, термореле, сигнализаторов в системах пожарной сигнализации, терморегуляторов в установках термостатирования, датчиков перегрева жидкости и пара, термодатчиков для контроля технологических процессов, микро-электромеханических элементов различного назначения, совместимых с кремниевой технологией, микрозахватов для манипулирования микро- и нанообъектами.

Одним из важнейших достижений развиваемого в РФ направления отечественного материаловедения является разработка и создание нового поколения жаропрочных сплавов на основе молибдена с нанофазным и субструктурным упрочнением. Современная отечественная аэрокосмическая промышленность испытывает острую необходимость в создании нового поколения жаропрочных сплавов, в том числе сплавов на основе молибдена. Это материалы, имеющие стратегическое значение для обороны страны. Требования к этим материалам очень жесткие: они должны иметь высокую прочность при температурах выше 1200-1500°C, должны выдерживать длительные нагрузки при этих температурах, должны обладать высокой радиационной стойкостью,

должны быть высокотехнологичны при изготовлении конструкций из них с применением различных технологий сварки. В настоящее время материалов, удовлетворяющих этому комплексу требований в полной мере, нет. Наиболее близки к ним сплавы на основе молибдена, разработанные в СССР и превосходившие в то время по свойствам американские сплавы. Но сейчас эти сплавы и технологии их производства морально устарели.

К настоящему времени в ИФТТ РАН (г. Черноголовка) проведен комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских технологических работ, показавший, что новое поколение жаропрочных сплавов на основе молибдена может быть создано с использованием новых плавильных технологий, обеспечивающих содержание самой вредной примеси – кислорода в сплавах не выше 0,001вес.% и последующего технологического передела с использованием обработки давлением и термообработки с целью реализации упрочнения сплавов субмикронными и наноразмерными частицами выделений вторичных фаз. В ИФТТ РАН сформирован комплекс соответствующего промышленного плавильного оборудования (печи вакуумной электронно-лучевой и вакуумной дуговой плавки), оборудования для обработки давлением и термообработки, организовано взаимодействие с индустриальным партнером для реализации новых разработок в промышленном масштабе.

Для проведения экспертного анализа состояния научно-инновационной деятельности в области разработки и создания металлических наноматериалов в России Совет РАН провел цикл заседаний по данному вопросу с приглашением ведущих отечественных и зарубежных ученых, в том числе работающих в РАН по программам совместных работ, мегагрантам Минобрнауки и другим формам научного партнерства, вместе с руководителями и ведущими специалистами производственных предприятий частного и государственного сектора, а также представителями бизнес структур. Были заслушаны обзорные доклады ведущих ученых, содоклады и выступления участников заседаний с детальным обсуждением научно-технических проблем, анализом инновационного потенциала рассматриваемой области научно-производственной деятельности, существующих трудностей и возможных путей их преодоления.

Заслушав и обсудив доклады членов Совета РАН по наноматериалам членов – корреспондентов РАН Алымова М.И., Карпова М.И, профессоров Валиева Р.З., Глезера А.М., Добаткина С.В., Колобова Ю.Р., Совет РАН по наноматериалам констатирует, что по рассмотренным выше научно-техническим направлениям отечественная наука занимает лидирующее положение (список основных монографий и научных публикаций авторов докладов представлен в Приложении).

Совет признает целесообразным активизировать дальнейшие исследования и разработки материаловедов в рассматриваемой научно-инновационной области и создание производств по промышленному выпуску наноматериалов технического и медицинского назначения, жаропрочных материалов с нанофазным упрочнением (в том числе специального назначения). При этом необходимо использовать значительный потенциал научных коллективов, сформированных в вузах страны под руководством ведущих специалистов в области объемных наноматериалов (Р.З. Валиев (УГАТУ и Санкт-Петербургский Государственный Университет), Ю.З. Эстрин, А.Ю. Виноградов (Тольяттинский Государственный Университет)).

В настоящее время для формирования крупных проектов по реализации опытно-конструкторских и технологических работ (НИОКТР) в программе полного цикла (с

организацией производства) перспективных металлических многофункциональных и конструкционных наноматериалов могут быть рекомендованы следующие проекты:

- Создание новых металлических материалов с повышенным комплексом механических и эксплуатационных свойств для различных отраслей промышленности, медицины, электроэнергетики, транспорта, авиации, в том числе для импортозамещения (координаторы: проф. Валиев Р.З., Добаткин С.В.);
- Новые медицинские наноматериалы и изделия с биоактивной модифицированной поверхностью (координаторы – чл.-корр. РАН М.И. Алымов, проф. Колобов Ю.Р.);
- Многофункциональные аморфные и нанокристаллические материалы, полученные закалкой из расплава;
- Разработка нового поколения жаропрочных сплавов на основе молибдена, изготавливаемых методами плавки в вакууме, разработка технологии их обработки давлением и термообработки с целью реализации их упрочнения субмикронными и наноразмерными частицами выделений второй фазы, разработка и изготовление отечественного высокотемпературного промышленного плавильного оборудования (вакуумная электронно-лучевая и вакуумная электродуговая печи), организация промышленного производства новых сплавов (координатор – чл.-корр. Карпов М.И.);
- Разработка нового поколения жаропрочных сплавов на основе системы Nb-Si в области эвтектики Nb-Nb₃Si, технологии получения изделий из них, в том числе методом направленной кристаллизации, аддитивных технологий, организация промышленного производства сплавов и изделий из них (координаторы - академик РАН Каблов Е.Н., член-корреспондент РАН Карпов М.И.).

Предложения

по формированию научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в программе полного цикла (с организацией опытно-промышленного производства) по разработке, созданию и промышленному освоению нового поколения металлических наноструктурированных функциональных и конструкционных материалов

Направление (наименование)

Объемные наноструктурные материалы

ФИО координатора(ов)

Валиев Руслан Зуфарович

Научно-техническая и производственная (в том числе по импортозамещению) проблема, решаемая в рамках предлагаемого проекта

Создание новых металлических материалов с повышенным комплексом механических и эксплуатационных свойств для различных отраслей промышленности, медицины, электроэнергетики, транспорта, авиации, в том числе для импортозамещения

Актуальность и масштабность научно-технической проблемы для экономики и общества, значимость решения научной проблемы для науки и техники.

Разработка новых металлических материалов и технологий их получения, безусловно, актуальна и значима для различных отраслей науки и техники, экономики, поскольку на основе новых материалов с повышенным комплексом механических и эксплуатационных свойств возможно создание новых конкурентоспособных и энергоэффективных изделий, конструкций, устройств, аппаратов.

Новизна поставленной задачи для науки и техники, обоснование достижимости решения поставленной задачи и возможности получения запланированных результатов

В последние десятилетия в мире активно развивается научно-инновационное направление «Разработка и исследование объемных наноструктурных (НС) металлов и сплавов, полученных методами интенсивной пластической деформации (ИПД). Новизна подхода основана на измельчении методами ИПД зерен до наноразмеров (100 - 200 нм) в объемных металлических заготовках. Полученные НС материалы обладают уникальными физическими и механическими свойствами, а их геометрические размеры позволяют использовать их как конструкционные материалы нового поколения для деталей и изделий. В связи с этим получение объемных заготовок наноструктурных металлов и сплавов методами ИПД стало одним из наиболее перспективных направлений в области физического материаловедения и технологий обработки материалов

На настоящий момент в значительной мере разработаны научные основы наноструктурирования металлов и сплавов различного назначения, созданы опытные технологии. Однако необходимы как проведение дополнительных углубленных фундаментальных и поисковых исследований в рамках данной проблематики, так и разработка промышленных технологий получения наноструктурных металлических материалов различного назначения и их внедрение в производство.

Основные мировые научные конкуренты, обоснование конкурентоспособности предлагаемого консорциума организаций – участников проекта на их фоне. Обоснование вхождения консорциума в число российских/мировых лидеров по направлению.

За рубежом по данной тематике работают сотни организаций, среди которых ведущими являются: в США - Лос-Аламосская национальная лаборатория (Лос-Аламос);

Университет Южной Калифорнии (Лос-Анжелес); Йельский университет (Нью Хейвен); Калифорнийский университет (Дэвис, Калифорния); в Японии – Университет Тохоку, Сендай; Университет Кюсю, Фукуока; в Китае – Чжэцзянский университет, Ханчжоу; Институт нанонауки, Нанкин; а также в целый ряд европейских университетов и научно-исследовательских центров: Институт нанотехнологий Технологического института Карлсруэ, Карлсруэ, Германия; Институт микро- и наноматериалов Ульмского университета, Ульм, Германия; Институт Макса Планка, Дюссельдорф, Германия; Политехнический институт Гренобля, Гренобль, Франция; Руанский университет, Руан, Франция, и др.

Вместе с тем российские ученые пока сохраняют лидирующие позиции в области создания и исследований наноструктурных металлических материалов.

Предлагаемые методы и подходы решения проблемы.

Суть предлагаемых подходов заключается как в проведении дополнительных углубленных фундаментальных и поисковых исследований, так и в разработке промышленных технологий получения наноструктурных металлических материалов различного назначения и их внедрение в производство.

Имеющийся у консорциума организаций научный, технический и производственный задел по данному направлению (указываются полученные ранее результаты, публикации, разработанные программы и методы).

Участники консорциума являются признанным в мире центрами по тематике наноструктурных ИПД материалов. Пионерские исследования по получению наноструктурных материалов методами ИПД были выполнены в России в начале 90-х годов прошлого века. Основные научные направления участников консорциума - разработка объемных НС материалов с повышенными механическими и функциональными свойствами, исследование и анализ структурно-фазовых превращений при ИПД, установление взаимосвязи режимов ИПД со структурой и свойствами объемных НС материалов. Развиваются целый ряд новых высокопроизводительных промышленно-перспективных методов ИПД таких, РКУП-Конформ, комбинационные с деформационно-термические обработки и т.д., Специалисты-участники консорциума сохраняют за собой ведущие позиции в мировых научных рейтингах в данной области, активно публикуются в ведущих международных журналах.

Сведения об организациях-участниках консорциума

Участники консорциума:

- Уфимский государственный авиационный технический университет (Уфа, Р.З. Валиев).
- Институт металлургии и материаловедения им. АА Байкова РАН (Москва, С.В. Добаткин)
- Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС" (Москва, М.Р. Филонов).
- ФИЦ Проблем химической физики и медицинской химии РАН и Белгородский государственный национальный исследовательский университет (Черноголовка, Белгород, Ю.Р. Колобов).
- Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Н.Ф. Морозов)

Развиваемые научные направления

- Использование наноструктурных алюминиевых сплавов в качестве электрических проводников с повышенной прочностью и электропроводностью.
- Использование наноструктурных низколегированных бронз с повышенной прочностью, электропроводностью и износостойкостью в качестве сварочных электродов и электрических проводников.

- Использование субмикроструктурных низкоуглеродистых низколегированных сталей для машиностроения в качестве высокопрочных метизов и проволоки.
- Использование полуфабрикатов из ультрамелкозернистых латуней, полученных интенсивной пластической деформацией, для производства специзделий (снайперские патроны и др.) в режиме сверхпластической формовки.
- Создание материалов для медицинских имплантатов и эндопротезов с повышенными прочностными и функциональными свойствами на базе наноструктурных титановых сплавов, сплавов с памятью формы и аустенитных сталей.
- Разработка нового класса биорезорбируемых имплантатов из ультрамелкозернистых магниевых сплавов.

Предложения

по формированию научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в программе полного цикла (с организацией опытно-промышленного производства) по разработке, созданию и промышленному освоению нового поколения металлических наноструктурированных функциональных и конструкционных материалов

Направление (наименование)

Новые медицинские материалы и изделия на основе наноструктурированного титана и его сплавов с модифицированной поверхностью

ФИО координатора(ов)

Колобов Юрий Романович, доктор физ.- мат. наук, профессор

Решаемая научно-техническая и производственная (в том числе по импортозамещению) проблема

Проект направлен на разработку и создание отечественного массового производства нового класса специализированных, не оказывающих вредного влияния на живой организм биоинертных материалов (в том числе используемых в качестве медицинских имплантатов и деталей протезов суставов) с функционализированной структурой и биоактивной поверхностью на основе высокопрочных наноструктурированных титановых сплавов, в том числе с целью обеспечения увеличения доли отечественной продукции в соответствующем сегменте рынка.

Актуальность и масштабность научно-технической проблемы для экономики и общества, значимость решения научной проблемы для науки и техники

Актуальность разработки нового поколения материалов и имплантатов для биоинженерии и регенеративной медицины связана с ухудшением в РФ статистики заболеваний костно-мышечной системы, старением населения, ростом числа травм при недостатке подобных материалов и изделий отечественного производства. При этом в связи со значительным отставанием отечественной медицинской промышленности от аналогичных отраслей экономически развитых стран в структуре потребления ежегодно растет доля импортных медицинских изделий различного назначения и актуальным является импортозамещение в рассматриваемой номенклатуре медицинских изделий.

Новизна поставленной задачи для науки и техники, обоснование достижимости решения поставленной задачи и возможности получения запланированных результатов Несмотря на имеющиеся достижения отечественных и зарубежных ученых в области синтеза биосовместимых полимеров и керамик, самыми распространенными во всем мире материалами для изготовления имплантатов и эндопротезов на сегодняшний день остаются титан и титановые, в том числе наноструктурированные сплавы с искусственными биоинертными и биоактивными покрытиями. Важнейшим вопросом в данной области является разработка научно-технических решений для создания поверхностно-модифицированных имплантатов нового поколения из титана и его сплавов, в том числе в наноструктурированном состоянии с функционализированной поверхностью, обладающей супергидрофильными или супергидрофобными свойствами, способных воспроизводить клеточное микроокружение, обладать бактерицидными свойствами и обеспечивать улучшенную приживляемость.

Основные мировые научные конкуренты, обоснование конкурентоспособности предлагаемого консорциума организаций – участников проекта на их фоне. Обоснование вхождения консорциума в число российских/мировых лидеров по направлению

Разработка новых метастабильных титановых сплавов для новых имплантационных материалов проводятся за рубежом в Университете Юстуса Либиха (Германия, г. Гиссен) в сотрудничестве с немецким исследовательским центром рака в г. Гейдельберг (Германия, г. Гейдельберг), Институте физики твердого тела и материаловедения (Германия, г. Дрезден), Институте физической химии твердого тела (Германия, г. Дрезден) в рамках проекта «SFB/Transregio 79 - Materials for Tissue Regeneration in Systemically Diseased Bones», американская компания «Manhattan Scientifics, Inc.» (США, г. Нью-Йорк), Лос - Аламосская национальная лаборатория (США, Лос -Аламос), Институт исследования материалов (Япония, Сендай), Институт исследования металлов Китайской академии наук (Китай, г. Шэньян) и Университет штата Огайо (США, г. Колумбус) и др.

Исследования по разработке наноструктурированного титана медицинского назначения и его производству ведутся в России в нескольких организациях, основными из которых являются: НИТУ «МИСИС», ФИЦ ПХФ и МХ РАН и НИУ «БелГУ» (Черноголовка, Белгород), ИФПМ СО РАН (РФ, г. Томск), УГАТУ (РФ, г. Уфа), ООО «Металл-деформ» (г. Белгород), ООО «Томский титан» (РФ, г. Томск), «ИНТЦ «Искра» (г. Уфа), ООО «НаноМет» (РФ, г. Уфа).

Для реализации поставленной цели и выполнения задач предлагается формирование консорциума организаций, способных обеспечить создание полного технологического цикла по разработке и внедрению материалов медицинского назначения на основе наноструктурированного титана с функционализированной структурой и поверхностью.

Предлагаемые методы и подходы решения проблемы

Для достижения цели и задач проекта, предполагается реализовать междисциплинарный подход в решении ряда прикладных научно-технических проблем в создании поверхностно-модифицированных биоинертных и биоактивных материалов и имплантатов нового поколения с функционализированной структурой и поверхностью для персонализированной медицины.

Имеющийся у консорциума организаций научный, технический и производственный задел по данному направлению (указываются полученные ранее результаты, публикации, разработанные программы и методы)

Консорциум организаций на протяжении нескольких лет проводит экспериментальные исследования в области наноматериалов и нанотехнологии (разработка и опытно-промышленное производство наноструктурного титана и сплавов, пористые покрытия на наноструктурный титан, создание композиционных материалов медицинского назначения), химии титана (синтез и исследование гидрида титана, гидридное и аммиачное диспергирование титана и титановых сплавов, определение коррозионной стойкости титана и сплавов). Научно-исследовательская, технологическая и производственная база: ФИЦ ПХФ и МХ РАН - питомник, виварий и чистые комнаты; ООО «Металл-деформ» при НИУ «БелГУ» (г.Белгород) - опытно-промышленное производство наноструктурированных титановых сплавов; и ООО «Конмет» - производство медицинских имплантатов, протезов и др. мед. изделий.

Будет использован имеющийся задел и подходы, реализованные, в том числе в рамках крупного комплексного проекта по постановлению Правительства РФ №218, выполняемого совместно ФИЦ ПХФ и МХ РАН, НИУ «БелГУ», и ОАО «Красногорский завод им. С. А. Зверева» по разработке и созданию серийного производства эндопротезов крупных суставов.

Сведения об организациях-участниках консорциума и руководителях основных подразделов проекта

- ФИЦ Проблем химической физики и медицинской химии РАН (бывший ИПХФ РАН) – основоположник Научного центра РАН в Черноголовке, один из крупнейших и ведущих институтов Российской Академии Наук. ФИЦ ПХФ и МХ РАН располагает уникальной экспериментальной базой и комплексом химико-технологических установок

- ООО «Конмет» (г.Москва) является ведущим отечественным производителем медицинских изделий для стоматологии, ортопедии и челюстно-лицевой хирургии из титана и титановых сплавов.(Тетюхин Д.В., директор предприятия)

- Центр наноструктурных материалов и нанотехнологий НИУ «БелГУ», ООО «Металл-деформ»– малое инновационное предприятие, специализирующееся на производстве проката в виде прутков и полос из наноструктурного и субмикроструктурного нелегированного титана марок VT1-0 и Grade-4 для нужд медицины..

Координатор проекта Колобов Юрий Романович, зав. лабораторией ФИЦ ПХФ и МХ РАН, сотрудник НИУ «БелГУ» в НЦЧ РАН, д.ф.-м.н., профессор.

Предложения

по формированию научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в программе полного цикла (с организацией опытно-промышленного производства) по разработке, созданию и промышленному освоению нового поколения металлических наноструктурированных функциональных и конструкционных материалов

Направление (наименование)

Разработка нового поколения жаропрочных сплавов на основе молибдена, изготавливаемых методами плавки в вакууме, разработка технологии их обработки давлением и термообработки с целью реализации их упрочнения субмикронными и наноразмерными частицами выделений второй фазы, разработка и изготовление отечественного высокотемпературного промышленного плавильного оборудования (вакуумная электронно-лучевая и вакуумная электродуговая печи), организация промышленного производства новых сплавов.

Решаемая научно-техническая и производственная (в том числе по импортозамещению) проблема

Современная отечественная аэрокосмическая промышленность испытывает острую необходимость в создании нового поколения жаропрочных сплавов на основе молибдена. Это материалы, имеющие стратегическое значение для обороны страны. Требования к этим материалам очень жесткие: они должны иметь высокую прочность при температурах выше 1200 -1500 °С, должны выдерживать длительные нагрузки при этих температурах, должны обладать высокой радиационной стойкостью, должны быть высокотехнологичны при изготовлении конструкций из них с применением различных технологий сварки. В настоящее время материалов, удовлетворяющих этому комплексу требований в полной мере, нет. Наиболее близки к ним сплавы на основе молибдена, разработанные в СССР, и превосходившие в то время по свойствам американские сплавы. Но сейчас эти сплавы и технологии их производства морально устарели. Нужны новые исследования для создания физико-химических основ таких сплавов и технологии их производства с использованием современных достижений в области нано- и субмикронных технологий.

Актуальность и масштабность научно-технической проблемы для экономики и общества, значимость решения научной проблемы для науки и техники.

Молибденовые сплавы и изделия из них, отвечающие перечисленным выше требованиям, могут быть произведены только с использованием плавильных технологий, обеспечивающих содержание самой вредной примеси – кислорода в сплаве не выше 0,001вес.%. Вакуум плавленные сплавы молибдена официально не импортировались в СССР и Россию. Их производили только в СССР и США. После распада СССР единственным производителем такой продукции в России остался Московский опытный завод тугоплавких металлов, возможности которого ограничены применением вакуумной дуговой плавки, которая не обеспечивает радикального снижения содержания кислорода в слитках. Его продукция в настоящее время не удовлетворяет требованиям промышленности. Поскольку импорт этой стратегически важной продукции в настоящее время невозможен, эту задачу можно рассматривать как проблему импортозамещения.

Новизна поставленной задачи для науки и техники, обоснование достижимости решения поставленной задачи и возможности получения запланированных результатов

Новизна поставленной задачи состоит в новом подходе к ее решению, основанном на получении методами вакуумной плавки высокочистых по кислороду слитков легированных молибденовых сплавов и их последующей механико-термической обработке, обеспечивающей равномерное распределение в структуре изделий нано и субмикронных частиц второй фазы.

Основные мировые научные конкуренты, обоснование конкурентоспособности предлагаемого консорциума организаций – участников проекта на их фоне. Обоснование вхождения консорциума в число российских/мировых лидеров по направлению.

В качестве основной организации разработчика и координатора проекта предлагается Институт физики твердого тела РАН. В качестве основного промышленного партнера предполагается ОАО ПОЛЕМА, г. Тула. Эта организация специализируется на методе порошковой технологии при производстве изделий из молибдена, вольфрама, хрома и других металлов и сплавов, успешно конкурирует, в том числе и на внешних рынках, с крупными производителями аналогичной продукции, например Metallwerk Plansee, имеет весь необходимый парк оборудования, обладает достаточными площадями для размещения плавильного оборудования.

Экспериментальный завод научного приборостроения РАН, г. Черноголовка осуществит проектирование, изготовление промышленного образца вакуумной электронно – лучевой печи.

Проектирование, изготовление промышленного образца вакуумной электро-дуговой печи и его передача на ОАО ПОЛЕМА осуществит ООО КомТерм, г. Москва.

Проведение испытаний, сертификация продукции, разработка ТУ и другой технической документации осуществит ФГУП ВИАМ, г. Москва.

Результатом проекта станет создание в России на основе ООО ПОЛЕМА современного промышленного предприятия, обладающего всеми технологическими возможностями для производства любых видов продукции из сплавов молибдена, вольфрама и др, в том числе для замещения импорта стратегически важной продукции для нужд авиационной, аэрокосмической, атомной промышленности и ВПК.

Такой консорциум будет конкурентно способным и лидирующим в мире

Предлагаемые методы и подходы решения проблемы.

Решение проблемы основано на получении методами вакуумной плавки высокочистых по кислороду слитков легированных молибденовых сплавов и их последующей механико-термической обработке, обеспечивающей равномерное распределение в структуре изделий нано и субмикронных частиц второй фазы.

Имеющийся у консорциума организаций научный, технический и производственный задел по данному направлению (указываются полученные ранее результаты, публикации, разработанные программы и методы).

ИФТТ РАН совместно с ОАО ПОЛЕМА осуществил выпуск высококачественной продукции из сплавов ТСМ-7 и ТСМ-7С по плавильной технологии.

Слитки диаметром до 190 мм выплавляли в ИФТТ РАН, используя последовательное проведение вакуумной электронно-лучевой плавки и вакуумной дуговой плавки. Содержание кислорода в слитках было менее 10 ppm, содержание углерода

регулировалось от 5 до 200 ррм. Горячая деформационная обработка слитков осуществлялась в ОАО ПОЛЕМА с использованием открытой ковки, экструзии и прокатки. В результате было изготовлено более 500 кг различной продукции: прутков диаметром от 80 до 8 мм, листов толщиной 1-2 мм, шириной 500мм и длиной 1м, дисков диаметром 510 и толщиной 13 мм.

Сведения об организациях-участниках консорциума

Участники консорциума и научные направления

ИФТТ РАН - Руководитель проекта чл.-кор. РАН Карпов М.И.

ОАО ПОЛЕМА - Руководитель проекта Шепетев П.А.

Экспериментальный завод научного приборостроения -

Руководитель проекта чл.-кор. РАН Бородин В.А.

ООО КомТерм - Руководитель проекта Нехамин С.М.

ФГУП ВИАМ

Предложения

по формированию научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в программе полного цикла (с организацией опытно-промышленного производства) по разработке, созданию и промышленному освоению нового поколения металлических наноструктурированных функциональных и конструкционных материалов

Направление (наименование)

Разработка нового поколения жаропрочных сплавов на основе системы Nb-Si в области эвтектики Nb-Nb₃Si, технологии получения изделий из них, в том числе методом направленной кристаллизации, аддитивных технологий, организация промышленного производства сплавов и изделий из них.

Решаемая научно-техническая и производственная (в том числе по импортозамещению) проблема

В современной энергетике огромную роль играют газовые турбины. Они используются в качестве авиационных двигателей, энергетических установок, газоперекачивающих агрегатов. Эффективность их работы определяется температурой газа перед входом в турбину. Чем выше эта температура, тем выше тяга двигателя, выше КПД генераторов электрической энергии, меньше загрязнение окружающей среды оксидами углерода, азота и продуктами неполного сгорания топлива, меньше расход топлива на единицу получаемой мощности. Так в период 1960 -2010 г температура газа на входе в турбину авиационных двигателей повысилась с 1100-1150 К до 1850-1900К, при этом удельный расход топлива уменьшился в 2 раза, тяга увеличилась в 5 раз, выбросы вредных примесей уменьшились в 2 раза.

Требование, которое предъявляется двигателю нового поколения - повышение температуры газа перед входом в турбину до 2100-2200 К. Энергетическая целесообразность этого требования очевидна. Однако технически решить эту задачу трудно. Основная проблема – материал, из которого изготавливают лопатку турбины – самую нагруженную деталь турбины.

В настоящее время эти лопатки изготавливают методом направленной кристаллизации из сложнолегированных никель - алюминиевых сплавов на основе эвтектики Ni-Ni₃Al. Температура плавления этих сплавов находится вблизи 1673 К, т.е. на ~ 200К ниже, чем температура газа на входе в турбину. Чтобы лопатка выдерживала такую рабочую температуру ее охлаждают, продувая через специальные каналы сжатым воздухом, отбираемым от компрессора двигателя, до собственной температуры 1373-1423 К. Проблема состоит в том, что для дальнейшего повышения температуры газа потребуется отбирать дополнительную мощность компрессора для более интенсивного охлаждения лопаток и в итоге, общий прирост мощности окажется незначительным. Следует отметить, что в настоящее время этот ресурс практически исчерпан.

Единственным решением проблемы может быть создание новых жаропрочных материалов с более высокими температурами плавления, способных работать при более высоких температурах и менее интенсивном охлаждении. Такие материалы могут быть созданы на основе ниобия, упрочненных их интерметаллидами с кремнием, алюминием и легированных другими элементами. Работы в этом направлении ведутся во многих странах: в США, ЕС, Японии, но импорт этих материалов, имеющих стратегическое значение, в Россию невозможен.

Актуальность и масштабность научно-технической проблемы для экономики и общества, значимость решения научной проблемы для науки и техники.

Создание нового поколения жаропрочных сплавов на основе тугоплавких металлов, организация их промышленного производства, позволит существенно повысить технические характеристики газотурбинных установок, применяемых в энергетике, аэрокосмической и судостроительной отраслях техники как в общегражданском так и в оборонном направлениях.

Новизна поставленной задачи для науки и техники, обоснование достижимости решения поставленной задачи и возможности получения запланированных результатов

Новизна поставленной задачи состоит в разработке жаропрочных сплавов на основе более тугоплавких чем никель металлов, включая методы легирования и создания специальных структур, содержащих элементы нано- и субмикронных размеров.

Основные мировые научные конкуренты, обоснование конкурентоспособности предлагаемого консорциума организаций – участников проекта на их фоне. Обоснование вхождения консорциума в число российских/мировых лидеров по направлению.

В качестве основной организации разработчика и координатора проекта предлагается Работы в этом направлении ведутся в США, ЕС, Японии еще с начала 90-х годов, 2000-х к ним присоединился Китай. В России эти работы начались в 2010 г. в ИФТТ РАН. По имеющимся сведениям лопатки газотурбинных двигателей из ниобиевых сплавов уже применяются в двигателях компании General Electric. Однако результаты, уже полученные в России в рамках совместных работ ИФТТ РАН и ФГУП ВИАМ, позволяют быть уверенным в том, что в случае их реализации в промышленных масштабах в рамках консорциума ИФТТ РАН - ФГУП ВИАМ, Россия станет мировым лидером в этой области.

Предлагаемые методы и подходы решения проблемы.

Решение проблемы основано на получении методами вакуумной плавки высокочистых по кислороду слитков легированных молибденовых сплавов и их последующей механико-термической обработке, обеспечивающей равномерное распределение в структуре изделий нано и субмикронных частиц второй фазы.

Имеющийся у консорциума организаций научный, технический и производственный задел по данному направлению (указываются полученные ранее результаты, публикации, разработанные программы и методы).

В рамках сотрудничества ИФТТ РАН и ФГУП ВИАМ разработан и в настоящее время осуществляется процедура получения патента на него новый сложно легированный жаропрочный сплав на основе системы Nb-Si показавший высокий уровень прочности на изгиб при 1300°C: кратковременная прочность -1000-1100 МПа, 100-часовая прочность 200-220 МПа. Эти результаты существенно превышают опубликованные данные по наиболее продвинутому сплаву MASK фирмы GE, США

Сведения об организациях-участниках консорциума

Будет разработан состав жаропрочных сплавов путем легирования сплава основы системы Nb-Si в области эвтектики Nb-Nb₃Si, технологии получения изделий из них, в том числе методом направленной кристаллизации, аддитивных технологий, организация промышленного производства сплавов и изделий из них.

Участники консорциума и научные направления

ИФТТ РАН, ОАО ПОЛЕМА, Экспериментальный завод научного приборостроения, ФГУП ВИАМ, ООО КомТерм .

Аналитическая записка

о возможностях реализации на базе научно-исследовательских и опытно-технологических работ в программе полного цикла (с организацией производства) крупномасштабных проектов по реализации новых разработок в области технического стекла

Получение, разработка новых материалов, способы их обработки являются основой современного производства и во многом определяются уровнем развития научно-технического и экономического потенциала страны. В последние десятилетия во всем мире активно разрабатываются и исследуются новые стекла и материалы на их основе. Стекло – универсальный материал, чрезвычайно востребованный в различных областях жизнедеятельности человека – от пищевой, медицинской, строительной областей до аэрокосмических и военно-промышленных приложений.

Способы изготовления стекла весьма разнообразны. В их основе лежит процесс стеклования – динамический переход системы из жидкого термодинамически равновесного состояния в замороженное термодинамически неравновесное (стеклообразное), в результате которого и получается такой необходимый и широко используемый человеком материал, как стекло. Стекло представляет собой особенное состояние вещества – стеклообразное: оно имеет механические свойства твёрдых тел, но, подобно жидкостям, характеризуется аморфной структурой.

Наиболее распространено силикатное стекло. Существует также стекло органическое на основе органических полимеров, например, полиакрилатов, полистирола, поликарбонатов и т.д. Различают стекло профильное, стекло растворимое, стеклопластики. Известны такие изделия из стекла, как стеклоблоки, стеклопакеты, стеклопластики, стеклорубероид и т.п. Огромный раздел изделий из стекла занимает стекловолокно.

В Советском Союзе керамические и стекломатериалы занимали 57,4% от общего объема производства всех материалов или 16% в стоимостном выражении (по состоянию на 1990 г.). Группа технических материалов, к которым относится техническое стекло, включает наукоемкие, или высокотехнологичные, материалы, т.е. материалы с редким сочетанием свойств, уровень которых обусловлен высокой точностью структурного состояния и химического состава, требующие тщательности в изготовлении и обработке и произведенные из синтетического сырья.

Работы по изучению природы стеклообразного состояния, зависимостей свойств стекол от их состава и структуры, получению новых стекол и композиционных материалов на их основе, по разработке конкретных видов стекломатериалов для их промышленного использования ведутся широким фронтом во всех экономически развитых странах. Показателем перспективности и важности для развития науки и техники исследований в рассматриваемом направлении является то, что в большинстве развитых стран по данной тематике работают сотни организаций, среди которых ведущими являются международные компании: CELSIAN Glass Group (Нидерланды); Corning SAS (США); Schott AG (Германия), Nippon Electric Glass (Япония), Sisecam (Турция), Asahi Glass Company Flat Glass division Europe, Agiltron, UMICORE (Бельгия) и ряд других (Ardagh Glass, O-I Manufacturing, Swarovski, Horn Glass Industries). Анализ направлений исследований в области стекломатериалов, проведенный на основании изучения литературных источников, позволяет предложить следующую их квалификацию:

1. Общие теоретические вопросы строения стекла, явление стеклования, производство стекла.
2. Исследование процессов стеклообразования, кристаллизации и ликвации. Структура и свойства стекол.
3. Золь-гель метод получения стекол.
4. Теоретические и технологические вопросы получения и исследования отдельных видов стекол.
5. Получение и изучение композиционных материалов на основе стекла.
6. Модифицирование поверхности стекол. Стеклообразные пленочные покрытия.

7. Сырьевые материалы.
8. Технология стекломассы.
9. Технология производства стеклоизделий и стекловолокна.
10. Методы контроля процессов производства и качество готовой продукции.
11. Проблемы утилизации отходов в стекольной промышленности и охраны окружающей среды.
12. Огнеупорные материалы для стекольной промышленности.

В настоящее время наибольшее распространение в стекольной отрасли имеет производство листового (флоат-) стекла и стеклянной тары, которое составляет 75 % от общего объема стекольного рынка, что обусловлено активным развитием пищевой и мебельной промышленности, транспорта, строительной индустрии. По оценке «СтеклоСоюза» РФ динамика развития внутреннего стекольного рынка России к 2020 году составит по указанным стекольным позициям 110-140 % и около 10 % соответственно. Прогноз роста производства стекольной продукции в России в 2020 г. в сопоставлении с 2010 г. и с 2000 г. составляет: листовое стекло – **450-500 млн. кв. м к 195 млн. кв. м и 86 млн. кв. м соответственно**; стеклянная тара – около 16 млрд. шт. к 14 млрд. шт. и 5.6 млрд. шт. соответственно. Спрос на техническое стекло (включая, помимо листового, тарное, медицинское, оптическое, светотехническое стекло и другие виды продукции из стекла), по мнению экспертов, будет расти, и к 2020 году потребление стекла в России увеличится в 4 раза по сравнению с 2000 г. На внутреннем рынке сейчас преобладает спрос на исходное флоат-стекло, но наметилась тенденция на перераспределение спроса в сторону специальных видов стекла. Например, планируется к 2019 году увеличить производство медицинского стекла более чем в два раза. В соответствии с Указами Президента России В.В. Путина, обязывающими государство принять в эксплуатацию к 2020 году 140 млн. кв. м площадей жилого фонда, строительному рынку потребуется 500 млн. кв. м листового стекла. По прогнозам **в 2016 году** производство листового стекла в России составит **300 млн. кв. м**. Такое количество стекольной продукции СССР производил в 1985 году.

По состоянию на 2013 год объём Российского рынка **составил приблизительно 250** млн. кв. м стекла, в том числе 225 млн. кв. м произведено стекловаренными заводами, расположенными на территории России. Остальное стекло – импортного производства: приблизительно 12-15 млн. кв. м поставлено из Белоруссии, 10-12 млн. кв. м из Китая и Ирана, остальное стекло поступает из стран СНГ.

Однако, следует учитывать, что помимо проблемы импорта стекла перед стекольной промышленностью нашей страны стоит проблема активной интеграции мирового капитала в Российский стекольный рынок, которая осуществляется путем строительства новых стекольных заводов, покупки действующих предприятий, создании совместных предприятий. Это такие стекольные фирмы, как «NSG/Пилкингтон», «AGCFlatGlass» и «Гардиан». При этом, по заключению ведущих стекольщиков России за последние 25 лет производственная база чисто **отечественной стекольной** (и тесно связанной с ней оптико-механической) промышленности страны практически разрушена или доведена **до точки невозврата**. На Российском рынке практически отсутствуют производственные мощности с только российским капиталом.

В то же время фундаментальные исследования в области стекла, проводимые в России, соответствуют мировому уровню, а по некоторым позициям – превосходят его. Приоритетными являются следующие направления этих исследований, которые полностью отвечают "Перечню критических технологий Российской Федерации" и "Приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации":

- Фундаментальные исследования стеклообразного состояния и стекломатериалов (наносостояние, наноматериалы и нанотехнологии, состав-структура-свойства, моделирование и получение новых составов с уникальными или заданными параметрами, перспективными для практического использования в науке и технике)

- Разработка и оптимизация специальных и новых химических технологий стекол с учетом экономической и экологической безопасности.
- Модификация физико-химических свойств поверхности стекла.
- Разработка технологического оборудования для стекольной промышленности.
- Внедрение результатов разработок в промышленность.
- Вопросы стандартизации.

Однако при внедрении результатов отечественных разработок исследователи сталкиваются с тем, что в России трудно найти производителя при сравнительно малых (по меркам стеклопроизводителей) объемах продукции из-за незаинтересованности промышленников. Фактически нарушена технологическая цепочка, включающая: фундаментальные исследования – разработку технологии (НИР) – конструирование и изготовление оборудования, (ОКР) – опытно-промышленное внедрение – промышленное внедрение.

В связи с этим, в России назрела острая необходимость формирования междисциплинарного проекта по координации совместной научно-технической деятельности научно-исследовательских академических и научно-производственных организаций, профильных кафедр высших учебных заведений, производственных предприятий и компаний с целью:

усиления кооперации в сфере фундаментальных исследований и прикладных приложений, разработки и производства стеклообразных функциональных материалов, технического стекла;

объединения усилий междисциплинарного коллектива исследователей, которые занимаются структурным анализом, химическим синтезом, биохимическими и медицинскими исследованиями;

объединения интеллектуальных ресурсов для «мозгового штурма» на основе совместного использования имеющейся материально-технической и лабораторно-аналитической базы, для подготовки высококвалифицированных специалистов-стекольщиков;

развития программы эффективного и оперативного импортозамещения для успешного и качественного восстановления отечественной стекольной промышленности на принципах независимости и конкурентоспособности отечественных научно-технических разработок для обеспечения жизненных стандартов и успешной обороноспособности страны, реализации приоритетных направлений в научно-технической сфере – физике, химии, медицине, науках о жизни, экологии, энергетике и др.

Междисциплинарный проект **«Техническое стекло. Технология, свойства, применение»**, координатором которого выступает Институт химии силикатов РАН при поддержке НИИ, вузов, приборостроительных предприятий и предприятий отрасли, имеет следующие конкретные цели:

- Полное восстановление объемов и номенклатуры производства отечественного стекла в условиях рыночной экономики.

- Резкий подъем объемов производства и качества изделий из технического стекла широкой номенклатуры, увеличение производства, в том числе: высокотехнологичного листового стекла в 2 раза; оптического стекла – в 2,7 раза, и достижение уровня производства СССР в 1985 г.

- Осуществление импортозамещения сырьевой базы стекольной промышленности с полным переходом на отечественные технологии получения и обработки сырья.

- Обеспечение независимости отечественной стекольной промышленности от зарубежных технологий производства стекла и поставок материалов.

- Организация взаимодействия с органами Государственной власти по реализации государственной политики в сфере импортозамещения, национальной безопасности и удовлетворения нужд оборонно-промышленного комплекса в части, касающейся технических стекол.

В соответствии с "Перечнем критических технологий РФ" в рамках междисциплинарного проекта планируется развитие и совершенствование научно-технологических разработок, направленных на создание новых стекол и стекломатериалов в следующих областях:

- **"Качество жизни. Энергонезависимость и энергосбережение"** (оптимизация поверхностных характеристик флоат-стекла (листового стекла) с целью обеспечения требуемой светопропускной способности и прочности; использование в архитектуре и строительстве термохромного энергосберегающего технического стекла, способного уменьшать светопропускание при повышении температуры до 85°C и восстановить исходное светопропускание при понижении температуры; производство высокопрочного термостойкого листового боросиликатного стекла; управление естественным освещением для решения проблем энергосбережения путём использования отражающих, пропускающих и других типов стёкол различного функционального назначения (предусмотрено решение конкретных задач модуляции светопропускания или светоотражения в различных спектральных диапазонах (фотохромные покрытия, светоотражающие покрытия в ИК или в УФ-диапазонах, поглощающие покрытия в УФ-диапазоне (Музейные окна) и др.); самоочищающиеся стекла и стеклокерамические материалы с нанесенным фотокатализатором для очистки и обеззараживания воды под действием ультрафиолетового света; несущие подложки тонкопленочных солнечных модулей на базе кремния с листовым стеклом определенных параметров (светопропускание, показатель преломления и др.); использование волоконных световодов с поллой сердцевиной на основе кварцевого стекла для доставки мощного импульсного излучения в зону воздействия при лазерной обработке материалов;

- **"Информационная безопасность. Новые материалы для интегральной и волоконной оптики, лазерной техники и электроники"** (стёкла для элементов волоконно-оптических систем связи, волоконные световоды нового поколения на основе пористых стёкол, допированных висмутом, с лазерной генерацией в широком спектральном диапазоне; кварцевое стекло для волоконных световодов с поллой сердцевиной, способных передавать излучение в широком диапазоне длин волн от 0.2 до 10 мкм при существенно более низких оптических потерях (до 0.1 дБ/км), чем существующие кварцевые коммуникационные световоды, и создание на их основе волоконных источников излучения, предназначенных для передачи информации в среднем ИК диапазоне; специальные стекла, легированные висмутом, для создания висмутовых световодов, превосходящих зарубежные аналоги по таким показателям как эффективность генерации и максимальный коэффициент усиления на единицу длины, предназначенные для непрерывных и импульсных лазеров, усилителей для них и суперлюминесцентных источников излучения в диапазоне 1.1-1.75 мкм для применения в оптоволоконных линиях связи с увеличенной пропускной способностью, в ЛИДАРах (активных дальномерах оптического диапазона), для волоконно-оптических гироскопов, для радиофотонных систем радиолокации, для генерации терагерцового излучения и т.д.; перспективные конструкции многосердцевинных волоконных световодов, способствующие расширению спектрального диапазона и спектральному уплотнению каналов, а также увеличению скорости передачи информации в каждом спектральном канале, которые предназначены для оптоволоконных линий связи с увеличенной пропускной способностью, датацентров и суперкомпьютеров; новые наноструктурированные фотохромные композиционные материалы для плазмонных волноводов; подложки микрооптических элементов интегрально-оптических систем на основе высококремнеземных пористых стекол для фокусирования, коллимирования и разветвления пучков лазерного излучения, для согласования световодов в волоконно-оптических линиях связи и телекоммуникациях; стеклообразные композиты со свойствами мультиферроиков для элементов долговременных носителей информации с высокой стабильностью и надежностью работы (FeRAM, FLESH-памяти), конденсаторов нанометрового размера с высокой емкостью, микроскопических источников питания, интегрируемых с ячейками MEMS и т.п.; нанопористые силикатные

мембраны для патронов осушки в приборах аэрокосмического базирования; волоконно-оптический полностью диэлектрический датчик температуры на основе пористого стекла для устройств мониторинга мощных энергетических систем при воздействии внешних сильных электрических и магнитных полей; стеклообразующие системы (калиево-алюмо-боратная система с CuCl для нелинейно-оптических фильтров ограничения излучения, температурных датчиков и защиты от ближнего УФ-диапазона; цинко-алюмо-силикатная система с церием, сурьмой и серебром (или редкоземельными элементами) для планарных волноводов, лазеров и голографических изображений); объемные высокоразрешающие регистрирующие среды с новыми функциональными свойствами (научное направление «наноплазмоника»); высокопреломляющие халькогенидные твердотельные иммерсионные среды для обнаружения дефектов алмазов; оптические элементы из халькогенидного стекла непосредственно на фото- светодиодах среднего ИК-диапазона для наиболее перспективных аналитических датчиков - оптических газовых сенсоров на основе оптопары светодиод - фотодиод; высококонтрастные оптические фазовые элементы - новые классы оптических стекол для создания функциональных оптических элементов с высоким (порядка 0.01) изменением показателя преломления методом фемтосекундной лазерной записи (оптические дефлекторы, переключатели, коммутаторы оптических каналов и т.д.); тонкие стекловидные силикатные пленки (золь-гель технология) для: – источников диффузии ряда легирующих примесей в полупроводниковые материалы (кремний, полупроводники $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$) для электронной техники и оптики, содержащих цинк, редкоземельные элементы, платину, палладий и др.; - каталитических слоев для устройств электронной техники; - материалов с фотокаталитическими свойствами для различных применений (супергидрофильные и самоочищающиеся поверхности, биостойкие покрытия), ситаллы для импортозамещения и обеспечения требуемого качества высокоточных приборов и для специальных целей;

- "**Радиационная безопасность**" (разработка сцинтиллирующих стекол с повышенной эффективностью детектирования нейтронов, альфа- и бета-частиц и продуктов деления радиоактивных материалов для обеспечения национального и глобального радиационного мониторинга, контроля радиационной обстановки на АЭС, контроль за нераспространением ядерного оружия и делящихся материалов; технологии утилизации радиоактивных отходов путем их стеклования либо иммобилизации радиоактивных отходов с использованием стекломатриц (неорганические сорбенты с ковалентным и нековалентным закреплением хелатирующего лиганда для выделения радионуклидов из различных техногенных и природных жидких сред); перспективные труднорастворимые матрицы источников цезия-137; люминофорные композиции (в т.ч. РЗЭ-содержащие) с надежной фиксацией на стеклянную поверхность для светозащитных элементов в тритийсодержащей газовой среде; производство кварцевого стекла и крупноразмерных пластин оксинитрида алюминия или лейкосапфира);

- "**Новые ресурсосберегающие технологии, экология**" (внедрение инновационных программ в стекольное производство, обеспечивающих снижение энергозатрат и вредных выбросов, теплосбережение; технологии утилизации отходов металлургического производства (доменных шлаков) для снижения стоимости сырья и ослабления техногенного фактора воздействия на окружающую природную среду; использование полых световодов на основе кварцевого стекла для создания источников одномодового лазерного излучения в среднем ИК диапазоне с выходной мощностью на уровне 1 Вт и более; датчиков различных газов, работающих по принципу регистрации поглощения в среднем ИК диапазоне, для систем обнаружения и измерения концентрации наркотиков, взрывчатых веществ, парниковых газов, веществ, загрязняющих окружающую среду);

- "**Медицина, фармацевтическая промышленность**" (создание материалов с биоактивными свойствами на основе стекол системы $\text{SrO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ для применения в эндопротезировании, стоматологии, челюстно-лицевой хирургии и косметологии; разработка функциональных элементов микрофлюидных аналитических систем для биохимического анализа на основе нанопористых силикатных стекол; производство

стеклянной трубки из стекла первого гидролитического класса для фармацевтической промышленности; применение висмутовых волоконных световодов, способных передавать излучение в диапазоне 1.1-1.75 мкм, для когерентной оптической томографии);

- **"Оборонно-промышленный комплекс"** (разработка новых стекол; покрытий, улучшающих характеристики листового стекла и придающих ему новые уникальные свойства, повышающие эффективность использования изделий и сроки эксплуатации; оптических материалов для изделий вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ): фотовольтаическое стекло; термохромное техническое стекло; нанослойные кремнийорганические покрытия; гидрофобные пленочные покрытия; специальные оптические стекла для прицелов и иллюминаторов в космических, летательных и морских аппаратах; волоконные датчики на основе волоконных световодов с полый сердцевиной, передающих излучение в среднем ИК диапазоне, предназначенные для подавления систем наведения; многосердцевинные волоконные световоды, предназначенные для радиофотонных систем радиолокации и радиоэлектронной борьбы).

В указанных направлениях уже достигнуты результаты, которые демонстрируют эффективность практического использования перечисленных стекол и стекломатериалов с ориентацией на импортзамещение.

Инициаторами Проекта являются ФГБУН Ордена Трудового Красного Знамени Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова Российской академии наук (ИХС РАН), Акционерное общество «Научные приборы», ФГБУН Научный центр волоконной оптики Российской академии наук (НЦВО РАН), Национальный Объединенный Совет предприятий стекольной промышленности «СтеклоСоюз» России. Основными участниками Междисциплинарного проекта являются академические научные учреждения ФАНО России, научно-исследовательские организации, ГНЦ, профильные кафедры высших учебных заведений, непосредственно занимающиеся фундаментальными исследованиями в области стекла либо использующие результаты этих исследований в своих научных и практических разработках: ФГБУН Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девятовых Российской академии наук (ИХВВ РАН), г. Нижний Новгород); ФГБУН Институт аналитического приборостроения Российской академии наук (ИАП РАН), г. Санкт-Петербург; ОАО «Научно-исследовательский и технологический институт оптического материаловедения Всероссийского научного центра "Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова» (ОАО НИТИОМ «ГОИ им. С.И. Вавилова»), г. Санкт-Петербург; ОАО «Саратовский институт стекла», г. Саратов; ОАО «Институт стекла», г. Москва; ФГАОУВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (СПб НИУ ИТМО), г. Санкт-Петербург; ФГБОУВПО «Санкт-Петербургский государственный университет» (СПбГУ), г. Санкт-Петербург; ГОАУВО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» (СПб ГПУ), г. Санкт-Петербург; ГОАУВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), г. Санкт-Петербург; ФГОУВПО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» (СПб ГТИ (ТУ)), г. Санкт-Петербург; ФГБОУВПО «Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров» (СПбГТУРП), г. Санкт-Петербург; ФГБОУВПО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева» (РХТУ им. Д.И. Менделеева), г. Москва. Реализация проекта планируется с участием российских стеклопроизводителей.

Организации-участники междисциплинарного проекта являются признанными в мире научно-исследовательскими центрами, в том числе, и по стекольной тематике, которой посвящены многолетние плодотворные исследования их сотрудников – специалистов, занимающих ведущие позиции в мировых научных рейтингах в данной области, активно публикующихся в ведущих отечественных и международных журналах, имеющих важные разработки и инновационные проекты ряда промышленных технологий в области

технического стекла и стекломатериалов. При этом, однако, следует отметить, что развитие инновационной деятельности в стекольной области требует проведения дополнительных исследований, направленных на совершенствование промышленных технологий разнообразных типов технического стекла и создание современной производственной инфраструктуры для реализации этих технологий на практике.

Заслушав и обсудив на заседании Совета РАН по материалам и наноматериалам доклады академика В.Я. Шевченко, академика Е.М. Дианова, чл.-корр. РАН И.А. Буфетова, профессоров В.И. Арбузова, В.Н. Соколова доцента Т.В. Антроповой, президента «СтеклоСоюза» РФ В.И. Осипова, – Совет РАН по наноматериалам констатирует, что по рассмотренным выше научно-техническим направлениям отечественная наука занимает лидирующее положение.

Совет признает целесообразным формирование междисциплинарного проекта по техническому стеклу с целью координации научно-технологических исследований в стекольной области, направленных на реализацию приоритетных направлений в научно-технической сфере (физике, химии, медицине, науках о жизни, экологии, энергетике и др.) и созданию условий для развития программы эффективного и оперативного импортозамещения с целью успешного и качественного восстановления отечественной стекольной промышленности.

В настоящее время для формирования крупного Междисциплинарного проекта - **«Техническое стекло. Технология, свойства, применение»** - консорциума научно-исследовательских, академических и научно-производственных организаций, профильных кафедр высших учебных заведений, производственных предприятий и компаний по реализации опытно-конструкторских и технологических работ (НИОКТР) в программе полного цикла (с организацией производства) перспективных стекол и стеклообразных материалов могут быть рекомендованы проекты по следующим направлениям:

- I.** Создание и отработка опытно - промышленной технологии производства новых стекол и стекломатериалов с уникальными или заданными параметрами, перспективными для практического использования (легкоплавкие халькогенидные стекла для обнаружения дефектов алмазов и создания оптических элементов для оптических газовых сенсоров на основе оптопары "светодиод – фотодиод"; термохромные стекла; стекла и многослойные структуры на основе стекла для тонкопленочных солнечных модулей с повышенной эффективностью преобразования энергии солнечного излучения; стекловидные покрытия для электронной техники, оптики, катализа; пористые и нанокompозитные стекломатериалы для аналитического приборостроения, плазмоники, лазерной техники, микро-, нано-, оптоэлектроники, интегральной и волоконной оптики, ситаллы (координаторы - академик В.Я. Шевченко, профессора В.П. Афанасьев, О.В. Януш, Л.Н. Блинов, И.А. Соколов, доцент А.В. Семенча);
- II.** Разработка, создание и промышленное освоение нового поколения волоконных световодов для систем связи, волоконных лазеров и усилителей и волоконных датчиков;
- III.** Разработка сцинтиллирующих стекол с повышенной эффективностью детектирования нейтронов, альфа- и бета-частиц и продуктов деления радиоактивных материалов (координатор - проф. В.И. Арбузов);
- IV.** Создание лабораторно-аналитической базы для фундаментальных исследований в области стеклообразных состояний вещества и технологических процессов производства стекломатериалов (координатор - научный руководитель АО "Научные приборы", к.ф.-м.н. В.И. Соколов).

Расширенное решение Научного совета РАН по материалам и наноматериалам по итогам заседаний, посвященных проблемам моделирования материалов и их свойств и процессов с их участием

Фундаментальные и прикладные проблемы материаловедения были и остаются одним из главных направлений развития науки, техники и технологий во всем мире. В последнее время это связано с широким внедрением нанотехнологий и нанобиотехнологий в промышленности, а еще больше с появившейся возможностью предсказывать и затем реализовывать новые материалы, намного превосходящие те материалы, которые используются ныне. Также появились новые вызовы стратегического характера, определяющие развитие высокотехнологичных отраслей хозяйства и социальной сферы на многие десятилетия вперед.

Необходимо постоянное развитие этой отрасли знания, которая все более обращается к методам математического и компьютерного моделирования. Последнее невозможно без использования современных суперкомпьютерных технологий моделирования (СКТМ).

Использование СКТМ стало необходимым требованием практически всех масштабных исследований свойств материалов нового поколения. На него опираются многие методы решения инженерных задач, связанные с предсказанием и изготовлением материалов и сложных технических систем, анализом их прочности и износостойкости, технологиями лазерной и термической обработки полуфабрикатов, изделий и покрытий, сопровождением жизненного цикла изделий и их безопасной утилизации.

СКТМ широко применяется в биоинженерии, молекулярной биологии, молекулярной и нано- медицине, а также при разработке лекарств. Атомистическое предсказание новых соединений и материалов, а также моделирование их свойств и поведения, включающее, в том числе, молекулярную динамику, квантовую химию и докинг, невозможно без использования суперкомпьютерных вычислительных мощностей.

Важнейшими вопросами, которые необходимо решить в ближайшее время, в части решения инженерных задач с использованием СКТМ, являются:

- создание национальных российских программных кодов в области математического моделирования, решения задач численного и имитационного моделирования, интеграция с существующими и разрабатываемыми комплексами инженерного программного обеспечения;

- разработка математических моделей применительно к современным технологиям производства и обработки материалов, в том числе аддитивным технологиям, при этом должны быть решены вопросы предоставления исходных данных, построения математических моделей, разработки алгоритмов программ для параллельных вычислений, проверки достоверности полученных данных, их верификация и валидация;

- разработка математических моделей и цифровых паспортов, описывающих свойства новых материалов и веществ, в том числе полный

жизненный цикл материалов включая поведение в условиях эксплуатации, что имеет принципиально важное значение для прогнозирования их срока службы, а также их применения в составе конструкции изделия. Необходимо выполнение научных работ в названном направлении, с участием специалистов различных областей знания (материаловедов, химиков, программистов и математиков), при поддержке государственных научных фондов;

- создание цифровых баз данных и технологий их обработки на основе искусственного интеллекта, свойств материалов и технологий их переработки и интеграции с соответствующими модулями инженерного программного обеспечения;

- создание баз знаний, содержащих корреляции «состав – структура – свойство материала», и интеграция их с системами искусственного интеллекта.

СКТМ могут обеспечить:

- новое высокое качество получаемых фундаментальных знаний и технических решений на основе использования комплекса математических моделей, параллельной обработки данных, использования технологий искусственного интеллекта.

- существенное сокращение времени исследований (от фундаментальной идеи до практической реализации) за счет использования ресурсов научных центров коллективного пользования (НЦКП) и промышленных центров обработки данных (ПЦОД).

- быстрое внедрение получаемых знаний в конкретные технические и технологические решения за счет интеграции методов СКТМ в производственный цикл изделий.

- исключение/минимизация контакта персонала с потенциально опасными для здоровья материалами на этапе их разработки и выработка рекомендаций по их безопасному производству, хранению и утилизации с целью защиты окружающей среды.

В системе РАН и Минобрнауки РФ имеется множество организаций, так или иначе связанных с решением проблем материаловедения, с разработкой новых материалов и химических соединений с заданными свойствами. Ими накоплен большой опыт в области материаловедения и смежных отраслях знания. В этом контексте необходимо отметить фундаментальные работы Институтов из Отделения химии и наук о материалах РАН, Отделений физических и математических наук РАН, а также работы ОИВТ РАН, ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, Физического института имени П.Н. Лебедева, Института вычислительных технологий СО РАН, Института физики металлов РАН, ИПЛИТ РАН, факультетов Химического, Физического и Биоинженерии и Биоинформатики, Института механики, НИИ Ядерной физики имени Д.В. Скобельцына и НИВЦ МГУ имени М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Московского энергетического института, Московского физико-технического института, ,

Московского института стали и сплавов, Самарского государственного технического университета, Сколтеха, и др.

Среди отраслевых научных организаций нужно выделить ГК «Росатом», который в рамках Соглашения с Правительством РФ, формирует и реализует Дорожную карту «Новые материалы и вещества» и осуществляет долгосрочную широкомасштабную комплексную программу по исследованию материалов с привлечением таких, входящих в него научных центров как РФЯЦ-ВНИИТФ, РФЯЦ-ВНИИЭФ, ВНИИА, ЦНИИТМАШ и др., а также НИЦ Курчатовский институт и входящие в него институты.

Координация работ РАН, ГК «Росатом» и ведущих университетов играет важную роль в оптимизации затрат и «разделении труда» для скорейшего достижения поставленных целей.

На основании вышесказанного, а также на основании заслушанных докладов и их обсуждения Научный совет РАН по материалам и наноматериалам считает необходимым:

- - создание консорциума по разработке межотраслевой программы развития СКТМ для решения задач математического и компьютерного моделирования материалов и их применения в составе изделий, объединяющего академическую, вузовскую и отраслевую науку, промышленность и бизнес-компании;

- -разработку Комплексной научно-технической программы (КНТП) в области материаловедения с использованием суперкомпьютерных технологий моделирования материалов и их свойств. Эта программа будет опираться на суперкомпьютерные технологии моделирования материалов и их свойств, на методы искусственного интеллекта, с использованием различных пространственных и временных масштабов, и будет спланирована на период до 2030 г.;

- - создание суперкомпьютерного центра производительностью не менее 20 Pflors в интересах обеспечения организаций консорциума современной высокопроизводительной техникой для решения задач математического и компьютерного моделирования материалов;

- - инициировать создание пятилетнего плана модернизации суперкомпьютерных центров для поэтапного создания в России нескольких суперкомпьютеров с производительностью диапазоном от 0.5 до 1 ПФлопс, от 5 до 10 ПФлопс и от 50 до 100 ПФлопс в зависимости от специфики и объемов задач СКТМ как в области материаловедения, так и в иных областях науки и техники.

- -создание и долгосрочную поддержку национальных российских программных кодов и цифровых паспортов в области математического моделирования и решения задач численного и имитационного моделирования и интеграция с существующими и разрабатываемыми комплексами инженерного программного обеспечения;

- создание концепции и организации наполнения национального банка и баз знаний по материалам и их цифровым двойникам, обработки

информации по составу, структуре и свойствам материалов на основе геометрико-топологических подходов и методов искусственного интеллекта, и интеграции с соответствующими модулями инженерного программного обеспечения и технологиями производства и переработки материалов;

- - на основании объединения и координации компетенций организаций консорциума усилить подготовку кадров в профильных вузах в области суперкомпьютерных технологий моделирования задач материаловедения. Этой цели будет также помогать проведение стажировок и ежегодной конференции с элементами научной школы. Поддержка программ мобильности (стипендии для молодых ученых из РФ для прохождения стажировок в передовых центрах мировой науки, а также гранты для среднесрочных визитов мировых научных лидеров в РФ).

- -поддержку разработки, коммерциализации и популяризации (через вебинары и тд) существующих отечественных программ для дизайна материалов и баз данных.

Разработки в области продуктов малотоннажной химии в соответствии с перечнем приоритетных продуктовых сегментов

Разработки Институтов РАН в области создания продуктов малотоннажной химии по направлению «поверхностно активные вещества»

Институт химии нефти СО РАН (ИХН СО РАН):

Разработаны композиции ПАВ для увеличения нефтеотдачи пластов низкопроницаемых коллекторов и месторождений высоковязких нефтей:

1. Композиции на основе ПАВ и щелочных буферных систем для увеличения нефтеотдачи низкопроницаемых пластов;
2. Композиции на основе ПАВ, генерирующие в пласте CO₂ и щелочную буферную систему (ИХН-КА, НИНКА®), для повышения нефтеотдачи низкопроницаемых коллекторов с высокой пластовой температурой и увеличения эффективности паротеплового воздействия на залежи высоковязкой нефти.

Преимущества композиций:

- сохранение парогазовой смеси в паровой фазе при температуре ниже температуры конденсации пара;
- увеличение эффективности процесса переноса компонентов нефти по механизму дистилляции;
- снижение набухания глинистых минералов породы коллектора и восстановление начальной проницаемости пласта;
- интенсификация противоточной пропитки и вытеснения нефти;
- значительное снижение вязкости нефти.

Разработки Институтов РАН в области создания продуктов малотоннажной химии по направлению «химические средства защиты растений»

Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН (ИОХ РАН):

В ИОХ РАН совместно с ВНИИ Фитопатологии и РХТУ им. Д.И. Менделеева разработан принципиально новый класс, не имеющий аналогов, *высокоактивных фунгицидов на основе циклических пероксидов для защиты растений.*

Такие фунгициды являются патентно чистыми и их возможно производить из дешевых и доступных реагентов в 2-3 стадии с использованием стандартного химического оборудования. Следует отметить, что зарубежные аналоги производятся в 7-10 стадий из труднодоступного сырья. Предварительные исследования показали у разработанных в ИОХ РАН циклических пероксидов наличие фунгицидной активности по отношению к грибам, поражающим пшеницу, рожь, ячмень, подсолнечник, топинамбур, картофель, капусту, морковь, фасоль, горох, плоды фруктовых растений, сопоставимой и превосходящей у существующих наиболее распространенных соединений на основе азолов и аналогов стробилурина, которые являются в основном импортными.

Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН (ИХТТМ СО РАН):

Нанопестициды на основе супрамолекулярных комплексов тебуконазола для обработки семян и растений злаковых культур.

Оригинальным механохимическим путем получены протравители-композиции, состоящие из комплексов молекул тебуконазола (ТБК), наиболее широко использующегося в составе фунгицидных препаратов на территории РФ - с природными растительными нетоксичными веществами – полисахаридом арабиногалактаном из древесины лиственницы, а также экстрактом корней солодки. Указанные «вспомогательные» компоненты производятся в РФ и имеют неограниченную ресурсную базу.

Разработана технология и наработаны опытные партии инновационных композиций, проведены их лабораторные и полевые испытания, показана их повышенная «защитная» активность для обрабатываемых растений и повышенная экологичность за счет снижения доз ТБК и использования в качестве вспомогательных компонентов нетоксичных растительных соединений. К преимуществу последних относятся их ростостимулирующие свойства, дополнительно способствующие повышению урожайности с/х культур. Стоимость применения разработанных препаратов близка к стоимости применения препарата «Раксил КС» и может быть снижена при организации промышленного выпуска.

Дальнейшие действия:

Требуется поддержка для проведения расширенных испытаний, отработки промышленной технологии и регистрации препаратов на территории РФ (или ее отдельных регионов). Следует иметь в виду, что в ИХТТМ СО РАН имеется опытно-промышленный участок для механохимического получения фунгицидных композиций производительностью до 50-100 кг/час. Аппараты для механохимического получения композиций производятся в ассоциированной с ИХТТМ СО РАН компании ООО «Новиц» и могут поставляться по заказу потребителей, в т.ч. в комплексе технологических линий для получения конечного продукта в порошкообразном расфасованном виде.

Разработки Институтов РАН в области создания продуктов малотоннажной химии по направлению «вещества для нефтедобычи и транспортировки нефти по трубопроводам»

Институт химии нефти СО РАН (ИХН СО РАН):

Разработаны и испытаны:

- неорганические и полимерные гелеобразующие системы ГАЛКА®, МЕТКА®, МЕГА в технологиях увеличения охвата пласта, регулирования фильтрационных потоков, ограничения водопритока при заводнении или паротепловом воздействии;
- криотропные гели для создания противофильтрационных завес и упрочнения грунтов в районах вечной мерзлоты;
- способ получения композиционно однородных сополимеров высших алкилакрилатов с азотсодержащими (мет)акриловыми мономерами, являющимися основой присадки К-210 депрессорно-модифицирующего действия. Присадка К-210 эффективно ингибирует образование асфальто-смоло-парафинистых осадков (АСПО) независимо от типа нефтяной дисперсной системы и проявляет сильный депрессорный эффект, снижая температуру застывания и вязкость нефтей, что приводит к улучшению транспортных характеристик тяжелых нефтей путем синергетического физико-химического воздействия;
- антитурбулентные присадки для трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов в арктических условиях. Преимущества присадки: – разбавленные растворы (концентрация до 20 г/м³) синтезированного полимера ($M \approx 5 \cdot 10^6$) способны снижать на 60 % гидродинамическое сопротивление турбулентного потока водонефтяных эмульсий, в то время как растворы промышленного образца полимера ($M \approx 0,9 \cdot 10^6$) такую величину эффекта достигают при концентрации ~ 200 г/м³; – маловязкая полимерная присадка в эмульсионно-суспензионной форме содержит в своем составе до 30 % полезного вещества – полимера, обладает высокой антитурбулентной эффективностью – способна снижать на ~ 50 % гидродинамическое сопротивление водонефтяных эмульсий.

Разработки Институтов РАН области создания продуктов малотоннажной химии по направлению очистки воды и водоподготовки

Институт химии ДВО РАН:

1. Технология глубокой очистки питьевой и технологической воды функциональными жидкими полимерами на основе хитозана.

Назначение: очистка поверхностных вод высокой мутности и цветности. Доочистка водопроводных вод.

Применение: очистка питьевой воды, технологической воды промышленного назначения, в том числе, для пищевых производств, очистка и обезвреживание сточных вод.

ИХ ДВО РАН разработал технические условия на флокулянты.

Конструктивно установки флокуляционно-коагуляционной очистки питьевых и технологических вод выполняются в виде трех взаимосвязанных модулей: ***система управления, система фильтрации, система пропорционального дозирования водоочистного реагента.*** Такие установки могут иметь различную степень автоматизации (могут требовать обслуживания в виде смены очередной емкости с расходным реагентом, либо управляться (регенерироваться) вручную).

2. Сорбенты и технология очистки воды от органических примесей, нефтепродуктов и пищевых жиров

Минеральная основа сорбента – алюмосиликат.

Актуальность разработанных в Институте химии ДВО РАН технологий состоит в том, что применение полученных сорбентов и флокулянтов, использующихся для очистки различных вод, в том числе и питьевых, от органических загрязнений на предприятиях любых видов деятельности, позволит существенно улучшить экологическую обстановку в регионах, ориентируясь на условия ужесточения государственного контроля за состоянием экологической безопасности.

Институт химии ДВО РАН предлагает:

- * Научные консультации; разработку технологической схемы очистки воды, технической документации; проектирование; изготовление; шеф-монтаж; пусконаладку; сдачу “под ключ” систем очистки (питьевой, промышленной, льяльной вод) различной производительности по требованию Заказчика.
- * Поставку партий гидрофобизированного сорбента не менее 1 м³. Сорбент может храниться в закрытом помещении неограниченно долгое время.
- * Поставку флокулянта для обеспечения работы станций водоочистки, работающих по описываемому методу.
- * Техническую документацию и рабочие чертежи устройства для получения и регенерации сорбента.
- * Технологическую документацию, рабочие чертежи универсальной установки для очистки скважинной и водопроводной воды холодного водоснабжения различной производительности.

Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова (ИОФХ РАН):

Разработаны методы и технология получения малотоннажных продуктов на основе остаточных фракций нефтепереработки:

- углеродные сорбенты для очистки газов и воды;
- иониты для водоочистки и водоподготовки.

Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН (ИНХС РАН)

Водо- и органорастворимые гуанидинсодержащие полимеры и сополимеры

**Разработки Институтов РАН в области создания продуктов малотоннажной химии
по направлению «химические реактивы и растворители»**

Институт проблем химической физики РАН:

	Наименование разработки	Назначение	Краткое описание текущей стадии разработки
1.	Технологии синтеза аминотолуолов для получения полиуретановых материалов	Реагент для получения полиуретановых материалов	Подготовлены исходные данные для проектирования опытной установки.
2.	Технология получения 2,2-диметилпропановой кислоты для получения полиуретановых материалов	Реагент для получения полиуретановых материалов, экологичных вододисперсионных лакокрасочных материалов.	Получены опытные образцы, отработана технология синтеза.
3.	Технология получения гексена-1	Мономер для получения сополимеров полиэтилена	Получены опытные образцы, отработана технология синтеза.
4.	Альтернативная технология конверсии природных и попутных газов в жидкие химические продукты с высокой добавленной стоимостью	Технология позволяет получать на первой стадии либо кислородсодержащие продукты (метанол, формальдегид и др.) и CO, либо легкие олефины и CO.	Получены опытные образцы, отработана технология синтеза.

Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН (ИНХС РАН)

	Наименование разработки	Назначение	Краткое описание текущей стадии разработки
	Эфиры дитиокарбаминовой кислоты	Присадки к топливам и смазочным материалам, модификатор трения поколения Low SAPS	НИОКР
	Уреатные пластичные смазки специального назначения	Специальные смазки и технические жидкости	ОКР
	Эпихлоргидрин (разработаны 2 технологии получения)	Продукт (сырье) для производства синтетических смол (эпоксидных смол) и каучуков специального назначения	НИОКР
	Эпоксидная смола (Эпоксиднодиановые смолы ЭД-22, ЭД-20, ЭД-16 и др.)	Синтетические смолы, вещества для нефтепродуктотранспорта	НИОКР
	Монохлоруксусная кислота	Производство карбокисметилцеллюлозы - химического вещества для нефтедобычи	НИОКР

		(стабилизатор буровых растворов), А также сырьё для получения средств защиты растений (2,4-Д и другие гербициды)	
	Хлористый метил	Полупродукт при синтезе МТХ для строительных добавок, растворитель в производствах бутилкаучука и др.	НИОКР
	Водо- и органорастворимые гуанидинсодержащие полимеры и сополимеры	Дезинфицирующие вещества Вещества для водоподготовки	НИОКР

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина (ИФХЭ РАН).

Разработан торфо-шунгитовый материал с каталитически активными добавками для нейтрализации проливов ракетного топлива «гептил» при его производстве и применении. Особенностью материала является возможность захоронения материала в грунт после его использования для нейтрализации гептила, поскольку материал состоит только из природных биоразлагаемых материалов. Разработка требует стадии доработки технологического регламента и оборудования по производству торфо-шунгитового материала.

Институт проблем химико-энергетических технологий (ИПХЭТ СО РАН):

- Разработана технология производства в ИПХЭТ СО РАН флороглюцина мощностью 20 т/г.

Флороглюцин применяется в составе ряда медикаментозных средств от спазматических болей, образования камней в почках и заболеваний ЖКТ. В печати изомер фенола используется как связующий элемент для получения "прочного черного" цвета отпечатка. С его помощью осуществляется синтез некоторых взрывчатых веществ. На базе флороглюциноза осуществляется процесс извлечения сосновых дубильных веществ. Флороглюцин широко используется в практической химии как реагент.

- Разработана технология производства в ИПХЭТ СО РАН бензиламина мощностью 35 т/г.

Бензиламин – промежуточный продукт в производстве катионных красителей, лекарственных веществ.

Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова (ИОФХ РАН):

Разработаны методы и технология получения малотоннажных продуктов на основе остаточных фракций нефтепереработки:

- модификаторы дорожных битумов;
- добавки к полимерным материалам комплексного действия (пластифицирующие и антиокислительные);
- красители и катализаторы на основе нефтяных порфиринов.

Институт химии силикатов РАН им. И.В.Гребенщикова (ИХС РАН)

Разработан материал на основе алмаза с уникальными физико-механическими свойствами. На основе уникального материала «Идеал» разработаны бронезащитные элементы, обеспечивающие защиту до класса защитной структуры Брб. При этом бронезащитные элементы эффективнее всех имеющихся аналогов в мире. Также показано, что эти материалы перспективны в качестве гидроакустических покрытий для морских судов, энергопоглощающих элементов для защиты от взрывов, других специальных применений. По этому материалу отработан технологический процесс, есть возможность наладить промышленное производство до 2 тонн в год, организовать производство возможно в рамках создаваемого в г. Гатчина Ленинградской области Северо-Западного нанотехнологического центра. Для эффективной реализации процесса необходимо организовать также производство исходных материалов, в том числе алмазов до 1 тонны/год.

Разработаны технологии создания защитных покрытий разных типов с определенными технологическими и эксплуатационными свойствами, а именно:

- антиобледенительной органосиликатной композиции,
- антикоррозионной органосиликатной композиции,
- золь-гель композиции для супергидрофобного покрытия на стекле,
- органосиликатной композиции для гидрофобного атмосферостойкого защитного покрытия для металлов,
- лакокрасочной композиции для антиобрастательных защитных покрытий,
- супергидрофобной лакокрасочной композиции для различных поверхностей (стекло, пластик, металл, дерево).

**Разработки Институтов РАН в области создания продуктов малотоннажной химии
по направлению «прочие пластики и каучуки специального назначения»**

Институт проблем химической физики РАН:

	Наименование разработки	Назначение	Краткое описание текущей стадии разработки
1.	Технологии высокоэффективного синтеза этилен/пропиленовых и этилен/пропилен/диеновых каучуков, в том числе специального назначения	Синтез этилен/пропиленовых и этилен/пропилен/диеновых каучуков проявляющих теплофизические характеристики, соответствующие этому классу материалов, и улучшенные физико-механические свойства вследствие особенностей микроструктуры сополимеров.	Разработана лабораторная технология
2.	Технология получения полиальфа-олефиновых основ синтетических масел	Разработана современная технология получения полиальфа-олефиновых основ синтетических масел.	Построен первый отечественный завод по производству синтетических смазочных масел в г. Нижнекамске. Ведутся дальнейшие разработки.

Институт высокомолекулярных соединений РАН (ИВС РАН)

Разработка технологии получения наномодифицированных высокотеплостойких полиимидных термопластов (ПИ) из отечественных мономеров, организация малотоннажного производства.

Во многих промышленных приложениях в экстремальных условиях эксплуатации ПИ являются лучшими или незаменимыми благодаря уникальным характеристикам: прочность, огнестойкость, химическая и радиационная стойкость, биологическая совместимость и сохранение этих характеристик от - 196 до + 300 °С в течение тысяч часов. Наномодифицированные ПИ превосходят лучшие зарубежные аналоги: по показателям термостойкости, прочности, по барьерным характеристикам (газо-, влагопроницаемости) в 2 – 3 раза.

Разработки Институтов РАН в области создания материалов для альтернативной энергетики

Институт проблем химической физики РАН:

	Наименование разработки	Назначение	Краткое описание текущей стадии разработки
1.	Получение органических полупроводниковых материалов на основе нафталиндиимидов, перилендиимидов, производных фуллеренов, электроактивных полимеров с конденсированными гетероароматическими структурами, сопряженных полимеров	Использование в органических и перовскитных солнечных батареях, светоизлучающих диодах, фотодетекторах, элементах памяти, полевых транзисторах, функциональных сенсорных системах, металл-ионных аккумуляторах	Разработаны технологии полупромышленного синтеза органических полупроводниковых материалов на основе нафталиндиимидов, перилендиимидов, производных фуллеренов, электроактивных полимеров с конденсированными гетероароматическими структурами, сопряженных полимеров на основе чередующихся донорно-акцепторных блоков.

Разработки в области металлов

Разработки Институтов РАН в области создания продуктов малотоннажной химии по направлению металлических и керамических материалов

Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН (ИМЕТ РАН)

- Создание на базе ИМЕТ РАН участка для производства сферических порошков металлов, сплавов и композиционных материалов для аддитивных технологий с использованием плазмохимического синтеза. Предполагается оперативная разработка и изготовление широкого ассортимента наукоемких порошковых материалов разных диапазонов дисперсности, а новейшие средства классификации порошков обеспечат возможность выделения узких фракций порошков с высокой точностью и воспроизводимостью

- Создание на базе ИМЕТ РАН полного цикла малотоннажного производства и разработки материалов, технологии и оборудования для трехмерной печати персонализированных биоактивных костных имплантатов на основе кальцийфосфатной керамики для ортопедии, стоматологии, челюстно-лицевой хирургии, нейрохирургии, онкологии. Основные продукты:

- Партии композитных порошков на основе фосфатов кальция для трехмерной струйной печати биоактивных керамических структур, обеспечивающих эффективное замещение дефектов и регенерацию костных тканей;

- Полученные трехмерной печатью керамических имплантатов заданной архитектоники по индивидуальным рентгеновским и/или томографическим данным конкретного пациента;

- Опытные образцы оборудования для промышленной реализации разработанных технологий

Институт металлургии и материаловедения УРО РАН (ИМЕТ УРО РАН)

- Переработка ванадийсодержащего конвертерного шлака с получением пентоксида ванадия повышенной чистоты. Технология является комплексной и экологически чистой без загрязнения водного и воздушного бассейна и без отчуждения земель для складирования твердых отходов. Практическое осуществление предлагаемой технологии позволит в качестве импортозамещения ликвидировать зависимость России от импортных поставок.

- ИМЕТ УРО РАН совместно с ООО «Технологии тантала» в рамках госконтракта Минобрнауки разработали в опытно-промышленном масштабе электрохимические технологии производства металлического порошка тантала из пентахлорида тантала и агломерированных нанокристаллических бездефектных порошков тантала конденсаторного типа, изготовлено соответствующее оборудование, наработаны опытные партии порошков. На ОАО «Элеконд» (г. Сарapul) изготовлены и опробованы опытные партии образцов конденсаторов, имеющие токи утечки на порядок ниже, чем в конденсаторах аналогичных номиналов из импортных порошков.

Институт структурной макрокинетики РАН (ИСМАН)

Организация в ИСМАН производства порошков и изделий из керамических материалов, в том числе для вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ).

Цель: Создание на базе ИСМАН химической компании полного цикла по производству керамических СВС-порошков и изделий общим объемом до 25 т/год, не уступающих по качеству лучшим мировым аналогам, что позволит исключить критическую зависимость Российской Федерации от внешних поставок. (СВС - самораспространяющийся высокотемпературный синтез - это процесс перемещения волны химической реакции по

смеси реагентов с образованием твердых конечных продуктов, проводимый с целью синтеза веществ и материалов).

СВС порошки(ИСМАН):

Нитриды: AlN, BN, ZrN, TiN, Si₃ N₄ Композиционные порошки: Si₃ N₄ – MeO Бориды: TiB₂, ZrB₂ др.Карбиды: TiC, ZrC, B₄C, SiC, WC. Силициды: MoSi₂, и др.Гидриды: TiH₂, ZrH₂.

СВС изделия (ИСМАН):

Изделия из BN и композиционных материалов на его основе: BN-TiB₂, BN-SiC, BN- SiO₂, BN-Al₂O₃. Изделия из сиалонов и композиционных материалов на их основе. Изделия из AlN и композиционных материалов на его основе AlN-TiB₂.

Производительность имеющегося в ИСМАН оборудования: 2 т/год Потребность: до 25 т/год.

За последние три года ИСМАН разработал две импортозамещающие технологии порошков для изделий ВВСТ.

Требуемый объем финансирования: 643 млн. руб.

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В.Тананаева (ИХТРЭМС КНЦ РАН)

- Порошок циркония натриетермического. Стратегически важный материал. Необходим для различных видов боеприпасов. Потребность 1.5-2 т в год. В РФ в таком масштабе не производится. Разработана пожаробезопасная технология. Патент РФ № 2304488.

- Порошки тантала конденсаторные с удельным зарядом на уровне 100000 мкКл/г и выше. Используются для производства высокочастотных танталовых конденсаторов спецназначения. Импортозамещающий продукт. Ориентировочная сегодняшняя потребность 500-1000 кг в год. Лабораторные партии магнетермических и кальцитермических порошков с удельным зарядом 90000-150000 мкКл/г тестируются на предприятиях отрасли. Оригинальность технологии подтверждена патентом РФ № 2649099.

- Предложения по использованию сфенового (титаносодержащего) концентрата.

1. Очищенный от примесных минералов сфен совместно с нефелином используется в производстве сварочных электродов (опытно-промышленные испытания в Санкт-Петербурге, «Прометей» и Северодвинске Архангельской обл.)

2. Прошла стадию опытно-промышленной проверки технология получения из сфенового концентрата модифицированного атмосферостойкого пигмента (методом ультраизмельчения).

3. Оптимизированы применительно к рекомендуемому оборудованию параметры технологической схемы титанового сорбента композиционного состава, содержащего титанофосфат и аморфный кремнезем. Обширные испытания этого сорбента на промышленных объектах очистки стоков от радионуклидов, в частности в фирме «Атомфлот», показали перспективность его использования взамен ионообменным смолам. Интерес к данному сорбенту проявляет горно-перерабатывающий концерн Voliden (Швеция).

4. Получен новый сорбент (по структуре) в виде сферогранулированного гидроксида титана. При его испытаниях показано, что он весьма эффективен при очистке стоков от тяжелых цветных металлов с валентностью 2 и 3 – Co, Ni, Cd, Cr.

5. Из титанового соединения (дубитель) получены новые функциональные материалы на титаносиликатной основе. Благодаря каркасному строению и специфике структурных связей они характеризуются повышенной термо-радиационной стойкостью, обладают высокими, сорбционными (в широкой области изменения pH объектов очистки), а также обладают восстановительными и фотокаталитическими свойствами. Особо следует отметить то, что в связи с серьезной экологической проблемой в регионе и в целом по России, связанной с необходимостью очистки от радионуклидов ЖРО

гражданского и военного происхождения, главным образом от ^{90}Sr и ^{137}Cs , актуальность получения каркасных щелочных титаносиликатов очевидна.

6. По заказу ОАО «Композит» разработана технология получения из СТА новая марка диоксида титана для специальных термо-атмосферостойких герметиков и клеев, а также диоксид титана для защитных покрытий, обладающих помимо стойкости к атмосферным воздействиям, дополнительно антиобледенительными и радиационностойкими свойствами.

Практически все перечисленные материалы дефицитны на российском рынке и их спрос удовлетворяется импортом далеко не полностью, поскольку их поставка требует значительных затрат. Целесообразность создания установки по переработке сфена очевидна. Её функционирование позволит получать достаточно дорогие и реализуемые на рынке продукты, а также проводить испытания по получению новых видов импортозамещающей продукции, необходимой для развития передовых отраслей промышленности. В настоящее время установка законсервирована по причине недоработки вопроса стабильного сбыта получаемой продукции.

Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН (ИХТТМ СО РАН)

Планируется создание Инжинирингового центра порошковых технологий для решения проблем трансфера и освоения гибких технологий получения порошковых материалов в промышленном производстве, в том числе на базе аддитивных технологий

Основные направления создания новых технологий и продукции:

1. Аддитивные технологии:

- производство керамических, металлических и композитных порошков для технологий послойного лазерного спекания/сплавления и струйной 3D печати

2. Материалы для Министерства обороны

- тяжелые псевдосплавы для артиллерии и радиационной защиты;

- тугоплавкие карбиды для защитных покрытий.

Для этого необходимо обновление материально-технической базы (технологическое, аналитическое оборудование).

Институт проблем химико-энергетических технологий (ИПХЭТ СО РАН):

Технология получения и создание производства наноксида меди методом сольватотермии производительностью 1 кг/год

Разработки в области создания особо чистых материалов

Разработки Институтов РАН в области создания особо чистых материалов, относящихся к сегменту «особо чистые вещества и материалы на их основе для электроники, оптоэлектроники и фотоники»

Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Десятых РАН

Разработки реализованы как укрупнено лабораторные технологии и используются для выпуска малых партий высокочистых веществ по заказу заинтересованных организаций.

Перечень материалов:

- высокочистые халькогены (сера, селен, теллур), мышьяк;
- высокочистые халькогениды - сульфиды, селениды, теллуриды мышьяка, германия, сурьмы, галлия, индия;
- высокочистые халькогенидные стекла и одномодовые световоды на их основе;
- особо чистые халькогенидные стекла, легированные ионами редкоземельных элементов, и световоды на их основе, с интенсивной люминесценцией в среднем ИК-диапазоне;
- оптическая нанокерамика на основе оксидов алюминия, магния и РЗЭ;
- изделия из ZnSe, ZnS и активные лазерные среды для среднего ИК-диапазона (ZnSe:Cr²⁺, ZnSe:Fe²⁺);
- эпитаксиальные структуры кадмий-ртуть-теллур;
- высокочистые кварцевые световоды с определенными функциональными свойствами, в том числе радиационно-стойкие, для создания волоконных лазеров и усилителей;
- моноизотопные кремний, германий и их соединения с высокой изотопной и химической чистотой;
- высокочистые теллуридные стекла, легированные ионами РЗЭ (туллий, гольмий, эрбий, диспрозий), и световоды на их основе.

Из представленного перечня разработок ускоренной реализации заслуживает технология высокочистого изотопнообогащенного силана SiH₄ с низким содержанием примеси ²⁹SiH₄. Из ²⁸SiH₄, изготовленного и охарактеризованного в ИХВВ РАН в университете Гренобля изготовлена подложка диаметром 30 мм с эпитаксиальным слоем кремния-28. Согласно пресс-релизу Комиссариата по атомной и альтернативным видам энергии Франции, изготовление этого устройства рассматривается как крупный шаг в создании элементной базы квантового компьютера. Возможен большой спрос на моноизотопный ²⁸SiH₄, единственным поставщиком которого пока является Россия. Целесообразно принять срочные шаги к выпуску этого продукта.