

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Южно-Уральский государственный университет

# **НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ ЮУрГУ - 2019**

Альманах

Челябинск  
Издательский центр ЮУрГУ  
2020

УДК 378 + 001  
ББК Ч448.47 + Ч25  
Н347

**Редакционная коллегия:**

д.т.н., профессор, ректор А.Л. Шестаков (председатель);  
д.х.н., профессор, президент Г.П. Вяткин;  
д.т.н., профессор, проректор по учебной работе А.А. Радионов;  
д.т.н., доцент, проректор по стратегическому развитию А.В. Коржов.

*Одобрено  
Советом Южно-Уральского государственного университета*

**Научные разработки ЮУрГУ - 2019:** альманах. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020. – 128 с.

**ISBN 978-5-696-05106-2**

Национальный исследовательский Южно-Уральский государственный университет – авторитетный научно-образовательный центр, обладающий глубоким интеллектуальным потенциалом, признанный в российском академическом сообществе. В 2015 году ЮУрГУ (НИУ) вошел в программу повышения конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров – Проект 5-100, что, в свою очередь, способствует повышению уровня научных исследований с целью выхода на мировой уровень стратегического развития.

В альманахе приводятся результаты основных научных и научно-технических разработок университета, полученные в 2019 году в ходе выполнения работ по проектам, осуществляемым в рамках Постановления Правительства РФ № 218, Проектной части государственного задания, Федеральной целевой программы, гранта Президента РФ, а также при финансировании Российской научным фондом и Российским фондом фундаментальных исследований.

УДК 378 + 001  
ББК Ч448.47 + Ч25

**ISBN 978-5-696-05106-2**

© Издательский центр ЮУрГУ, 2020

# УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Южно-Уральский государственный университет, сохранив традиции, уверенно движется вперед. Стратегическое направление развития ЮУрГУ – формирование исследовательского университета мирового уровня. Вуз ориентирован на достижение позиций глобального российского лидера в области цифровой индустрии, материаловедения и экологии. Все эти направления очень важны для нашей страны.

Международная деятельность, публикационная активность, научные исследования и достижения позволяют университету занимать все более высокие позиции в мировом образовательном пространстве. ЮУрГУ создает прогрессивную систему образования, благодаря которой успешно конкурирует с ведущими университетами.

Мы укрепляем позиции в списке российских университетов, участвующих в программе повышения конкурентоспособности «5-100», сохраняем свои позиции в рейтинге лучших вузов мира по версии британской консалтинговой компании Quacquarelli Symonds (QS). Рейтинговое агентство Times Higher Education дало высокую оценку деятельности ЮУрГУ. В 2019 году университет впервые вошел в глобальный рейтинг THE World University Rankings, в два предметных рейтинга (по инженерным наукам и технологиям, а также по физическим наукам) и в рейтинг устойчивого развития THE Impact Ranking.

Одним из ключевых событий 2019 года стала совместная работа по подготовке заявки на создание НОЦ мирового уровня в рамках федерального проекта «Развитие научной и научно-производственной кооперации» в составе национального проекта «Наука» при поддержке полномочного представителя Президента Российской Федерации в Уральском федеральном округе и губернаторов Свердловской, Челябинской и Курганской областей.

По результатам этой работы 9 июля был создан Уральский межрегиональный научно-образовательный центр «Новые производственные технологии и материалы» на базе Уральского федерального университета, который отвечает за координацию программы деятельности центра в целом. За координацию программы деятельности Центра на территориях Челябинской и Курганской областей отвечают Южно-Уральский и Курганский государственные университеты.

Вхождение университета в составе НОЦ предполагает широкий спектр мер государственной поддержки, предусмотренных Постановлением Правительства Российской Федерации от 30 апреля 2019 г. № 537 и правительствами Свердловской, Челябинской и Курганской областей.

Ключевыми направлениями деятельности Центра являются ракетно-космические и авиационные технологии, новые материалы, новые производственные технологии, энергетика, индустриальная экология. По результатам двух стратегических сессий, проведенных в июле и ноябре 2019 года, университетом сформировано более 25 проектов.

В марте 2019 года Челябинск присоединился к проекту Минстроя России «Умный город», главная цель которого – создание эффективной системы управления городским хозяйством, обеспечение комфортных и безопасных условий для жизни горожан. В конце ноября 2019 года в университетском комплексе «Сигма» ЮУрГУ состоялась проектно-аналитическая сессия «Умный город – Челябинск» под руководством председателя Наблюдательного совета ЮУрГУ, президента Делового совета Евразийского экономического союза Виктора Борисовича Христенко. По итогам сессии подписан меморандум о создании системы управления проектом «Умный город» между администрацией Челябинска и ЮУрГУ.

Южно-Уральский государственный университет становится центром развития Челябинска, базовой площадкой для реализации проекта «Умный город».



В коллaborации с ведущими учеными Австралии, Великобритании, Германии, Индии, Канады, Мексики, США, Франции, ЮАР в вузе успешно функционируют двенадцать международных научных лабораторий.

По результатам их работы опубликовано и проиндексировано в БД Scopus и Web of Science 144 статьи, из них 63 – в 2019 году, в том числе 71 статья в Q1 и Q2, из них 22 – в 2019 году.

В четыре раза по сравнению с 2014 годом возросло количество публикаций в журналах, индексируемых аналитическими базами данных WoS и Scopus. При этом в 2019 году по сравнению с 2018 годом возросла доля публикаций в журналах ТОП 10 % с 4,4 % до 7,6 % и в журналах ТОП 25% (Q1) с 16,6 % до 24,4 %. Суммарно за 5 лет (2015 – 2019 гг.) статьи университета были процитированы 8844 раза по данным базы Scopus. Таким образом, средний показатель цитируемости на 1 НПР по статьям Scopus оказался 6,07 при плановом значении показателя 4,7.

В конце 2019 года сформированы и поданы заявки на государственную поддержку лидирующих исследовательских центров в рамках конкурса по отбору проектов по реализации и внедрению сквозных технологий АО «РВК» по направлениям «Нейротехнологии и искусственный интеллект» и «Новые производственные технологии».

В финальный этап прошла заявка лидирующего исследовательского центра «Цифровая индустрия» ЮУрГУ, созданного в университете в 2019 году. Деятельность направлена на разработку и внедрение оборудования и цифровых двойников турбоагрегатов, паровых котлов, ТЭЦ, ЦЭС, ПВЭС 1, ПВЭС 2 и цифрового двойника сети водоснабжения промплощадки ПАО «ММК» совместно с НПП «Политех-Автоматика».

Нам удалось создать мощную команду высококлассных профессионалов. Сотрудники, ученые и преподаватели ЮУрГУ преданы своему делу. Убежден, что талант, мастерство и неиссякаемая энергия помогут реализовать все инновационные проекты и творческие замыслы. Впереди большая и ответственная работа, которая, вне сомнения, приведет нас к новым достижениям и победам.

Ректор ЮУрГУ (НИУ),  
Председатель Совета ректоров вузов УрФО  
д.т.н., профессор

А.Л. Шестаков

# ДОСТИЖЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ И ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЮУРГУ

В 2019 году университет реализовал ряд масштабных совместных проектов с индустриальными партнерами в рамках Постановления Правительства РФ от 9 апреля 2010 года № 218:

– проект университета с ООО «Уральский инжиниринговый центр» по созданию высокотехнологичного производства гидроприводов с гидростатическими направляющими широкой номенклатуры с низким сопротивлением перемещению подвижных частей и повышенным ресурсом для стенового испытательного оборудования, общий объем инвестиций в 2018–2020 гг. составляет 112,7 млн руб.;

– проект университета с ООО «Производственная компания «Ходовые системы» по разработке бесступенчатого дифференциального механизма поворота со следящей системой управления для внедорожных и дорожно-строительных машин нового поколения, общий объем инвестиций в 2018–2020 гг. составляет 130 млн руб.

Также в 2019 году реализованы проекты в рамках федеральных целевых программ, Постановления Правительства РФ от 3 октября 2015 года № 1060:

– совместный проект университета с индустриальными партнерами ООО «МИАН» и ООО «Ремонтно-механический завод «Нихард-Сервис» по разработке комплекса технологических решений по получению новых металлических материалов, изготовлению из них емкостей для хранения радиационных отходов, с совершенствованием методики их остеклования, общий объем инвестиций в 2018 – 2020 гг. составляет 60 млн руб., в т.ч. объем финансирования в 2019 г. – 30 млн руб.;

– совместный проект университета с индустриальным партнером ООО «Русская приборостроительная корпорация «Системы управления» по разработке интегрированной самонастраивающейся системы управления сложным технологическим комплексом производства, передачи и потребления тепловой энергии и воды на основе BIM и BEM технологий с применением предиктивного анализа данных беспроводных сенсоров и интеллектуальных микропроцессорных устройств, общий объем инвестиций в 2018-2020 гг. составляет 75 млн руб., в т.ч. объем финансирования в 2019 г. – 25 млн руб.;

– совместный проект университета с индустриальным партнером ООО «Уральский инжиниринговый центр» по созданию энергоэффективной и экологичной технологии нанесения твердохромовых покрытий на тела вращения, общий объем инвестиций в 2017 – 2019 гг. составляет 90 млн руб., в т.ч. объем финансирования в 2019 г. – 30,45 млн руб.

В рамках федеральных проектов «Новые возможности для каждого», «Экспорт образования» и национального проекта «Образование» также реализован ряд проектов:

– «Развитие педагогических компетенций разработки и реализации программ непрерывного образования у научно-педагогических работников образовательных организаций и работников организаций работодателей» в рамках проведения подготовки научно-педагогических работников и работников организаций-работодателей к реализации современных программ непрерывного образования, общий объем гранта составляет 15 млн руб.;

– «Разработка 10 специализированных сайтов в сети Интернет для привлечения на обучение иностранных граждан, ориентированных на конкретную аудиторию с учетом референтных групп

стран-партнеров». Общий объем гранта составляет 20 млн руб.

– «Создание web-ресурса по продвижению образовательных программ магистратуры Южно-Уральского государственного университета в области электро- и теплоэнергетики в иноязычном сегменте сети Интернет в целях позиционирования конкурентных преимуществ программ и привлечения талантливых иностранных абитуриентов», общий объем гранта составляет 1,5 млн руб.

В декабре 2019 года университет принял участие в ежегодной национальной выставке «ВУЗПРОМЭКСПО – 2019», прошедшей в центральном выставочном комплексе «Экспоцентр» в Москве. «ВУЗПРОМЭКСПО» – масштабная представительная выставка для демонстрации достижений российской науки и построения эффективных коммуникаций между научно-образовательным сообществом, государством и бизнесом. ЮУрГУ как один из ведущих вузов России представил разработки по автоматизации и управлению технологическими процессами – датчики температуры, датчики вибродиагностики и другие значимые проекты, которые сделаны для потребностей конкретных индустриальных партнеров и имеют дальнейшее свое внедрение в реальный сектор экономики.

Выставка «ВУЗПРОМЭКСПО – 2019» позволила научной команде ЮУрГУ оценить инновации промышленных партнеров и вузов России, встретиться с единомышленниками и наметить новые направления сотрудничества. Высокая концентрация новых технологических решений, обмен знаниями, опытом и идеями в междисциплинарном и межотраслевом промышленном пространстве стали для участников выставки импульсом к дальнейшему интенсивному развитию партнерства науки и бизнеса.

В Москве в Сколковском институте науки и технологий в рамках второго образовательного интенсива «Остров 10-22» Южно-Уральский государственный университет и Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого подписали соглашение о создании первого Зеркального инжинирингового центра (ЗИЦ). Вузы осуществляют сотрудничество в научной, инновационной и образовательной деятельности в форме совместного научно-образовательного центра «Центр компетенций. Новые производственные технологии. Урал». Университеты решают совместно проблемы развития производственных технологий, работают над созданием новых видов высокотехнологичной продукции, прототипов и внедрением разработок в производство.

Малые инновационные предприятия ЮУрГУ решают широкий круг задач для развития экономики региона и страны в целом. Их основная цель – вывод продукции и технологий на инновационный рынок, реализация своей продукции и услуг. Работа подразделений инновационной инфраструктуры ЮУрГУ позволяет доводить инновационные решения ученых вуза до коммерческого продукта. Большая часть малых инновационных предприятий университета связана с инновациями в областях компьютерных технологий, образования, машиностроения, металлургии, возобновляемой энергетики и автоматизации, экологии, геоинформационных технологий и даже медицинской техники.

С начала 2019 года университет работает со стартапами университета и их совместной реализацией на базе фонда



«Сколково» (Челябинский филиал). В рамках данной работы более 25 проектов прошли международную экспертизу фонда. В 2019 году одно из малых инновационных предприятий, «СтендАП Инновации», успешно завершило данную экспертизу и стало резидентом «Сколково».

В 2019 году малое инновационное предприятие ЮУрГУ ООО «СтендАП Инновации» подало 2 заявки в рамках программ Фонда содействия инновациям (Развитие-СОПР / Спорт и Развитие-НТИ V / Нейронет) общим объемом бюджетных средств – 30 млн руб. В результате проделанной совместной работы МИП победило с проектом на тему «Разработка спортивного инвентаря, дополненного программно-аппаратным комплексом «Умный складором», с применением цифровых инструментов дополненной реальности и системой искусственного интеллекта» с общим объемом грантового финансирования – 10 млн руб.

В 2019 учебном году на базе университета было открыто малое инновационное предприятие ООО «Армокомпозит», реализующее программу СТАРТ-1. Фонд содействия инновациям финансирует проектученых университета «Разработка энергетически эффективных технологий создания металлических и композиционных материалов для нужд различных отраслей промышленности» в размере 2 млн руб. Руководитель МИП – ученый златоустовского филиала университета Аникеев Андрей Николаевич.

В июне 2019 года представитель лаборатории суперкомпьютерного моделирования Семенихина Полина Николаевна одержала победу в программе «СТАРТ» в рамках конкурса «Старт SUV 2019» с темой «Технология автоматического анализа и классификации поверхностных дефектов при производстве труб большого диаметра». Выделено финансирование проекта в размере 2 млн руб.

МИП ЮУрГУ ООО «УралГИС» в 2019 г. впервые приняло участие в 21-й Российской агропромышленной выставке «Золотая осень» в Москве. Работа компании отмечена золотыми и серебряными медалями в двух номинациях:

«За успешное внедрение инноваций в сельском хозяйстве»; «За эффективное информационно-консультационное обеспечение АПК».

В 2019 году в ЮУрГУ открылись новые прорывные лаборатории. 8 февраля в Южно-Уральском государственном университете состоялось торжественное открытие новой лаборатории робототехники, которая вошла в состав НИИ «Опытного машиностроения». Лаборатория робототехники является уникальной для учебных заведений России, так как в ней представлено оборудование нового технологического класса,

которое позволяет обрабатывать крупногабаритные изделия размером 2,5x2,5 м в очень маленьком пространстве. Оборудование также предназначено для решения сложных научных и производственных задач.

19 марта в актовом зале учебно-досугового комплекса «СИГМА» Высшая школа экономики и управления в рамках фестиваля «Зеленое яблоко» открыла лабораторию маркетинговых решений – совместный проект представителей бизнеса и студентов по разработке маркетинговых решений бизнес-кейсов. В рамках открытия лаборатории прозвучали презентации кейсов компаний-партнеров фестиваля («ТРИДИВИ», «Интерсвязь», «Зубры Графикс»), в которых были озвучены проблемы и поставлены задачи для совместного решения.

В сентябре 2019 года в Южно-Уральском государственном университете ко Дню знаний состоялось открытие новых лабораторий – «Финансовые технологии в бизнесе» и Учебного банка. Новые учебные площадки Высшей школы экономики и управления ЮУрГУ, оборудованные современной техникой, направлены на освоение экономических компетенций в интерактивном режиме. Главная задача интерактивных образовательных площадок – сократить разрыв между теоретическими знаниями и их применением на практике в обучении специалистов финансовой сферы.

Лаборатория «Цифровая модель спортивного движения» открыта в декабре 2019 года на базе научно-исследовательского центра спортивной науки Южно-Уральского государственного университета. Ученые разрабатывают аппаратно-программный комплекс, включающий цифрового двойника человека, для определения индивидуального оптимального паттерна движения с целью достижения высоких спортивных результатов. К сотрудничеству с ЮУрГУ привлечены ключевые партнеры проекта – Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта и АО «Сарапульский радиозавод». Ученые полагают, что результаты исследований будут широко востребованы научно-образовательными и медицинскими учреждениями как инструмент для разработки индивидуальных программ реабилитации; спортивными федерациями и клубами для повышения спортивного результата на основе персональных рекомендаций по коррекции тренировочного процесса; а также лягут в основу разработки/производства приборов для профилактики и лечения заболеваний позвоночника и суставов, нового класса устройств для суточного мониторирования опорно-двигательного аппарата, технологий производства индивидуальной и «энергоэффективной обуви»; индивидуальных стульев/кресел и др.



# РАЗРАБОТКА БЕССТУПЕНЧАТОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА СО СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ВНЕДОРОЖНЫХ И ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Руководитель проекта – доктор технических наук А.А. Дьяконов

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка и создание высокотехнологичного производства бесступенчатого дифференциального механизма поворота со следящей системой управления (далее – БДМП с ССУ) для внедорожных и дорожно-строительных машин нового поколения.

## ПУБЛИКАЦИИ

7 научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

3 статьи в Scopus/  
WoS

4 статьи в РИНЦ

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Проведение исследований в области основных направлений развития и совершенствования конструкций механизмов поворота и систем управления гусеничных дорожно-строительных машин (далее – ДСМ).
- ➋ Проведение комплекса расчетно-теоретических исследований БДМП с ССУ для внедорожных и дорожно-строительных машин нового поколения.
- ➌ Разработка и корректировка КД бесступенчатого дифференциального механизма поворота со следящей системой управления.
- ➍ Изготовление макетов и опытных образцов БДМП с ССУ для проведения испытаний и отработки конструкции.
- ➎ Изготовление на базе тракторов тягового класса 100 кН стендов для выполнения исследовательских, предварительных и приемочных испытаний.
- ➏ Проведение комплекса исследовательских, предварительных и приемочных испытаний.
- ➐ Отработка конструкторских решений по результатам испытаний.
- ➑ Организация высокотехнологичного производства бесступенчатого дифференциального механизма поворота со следящей системой управления.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Создание новых потребительских свойств дорожно-строительных машин, а именно:

- повышение производительности за счет увеличения скорости выполнения операций и улучшения управляемости на криволинейных участках траектории при выполнении технологического цикла;
- повышение эффективности использования за счет улучшения эргономических показателей, снижения утомляемости оператора и уровня требований к его квалификации;
- следящая система управления криволинейным движением с обратной связью по углу и скорости поворота, создающая предпосылки в дальнейшем для полной автоматизации процесса

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Практическая реализация проекта определяется рядом объективных факторов:

- высоким техническим уровнем БДМП с ССУ, который не уступает, а в некоторых случаях превышает российские и зарубежные аналоги;
- благоприятной конкурентной и конъюнктурной ситуацией на рынке сбыта;

- высоким профессиональным уровнем коллектива создателей БДМПсССУ;
- выполнением комплекса НИОКР по достижению значений технических характеристик, установленных Техническими требованиями;
- созданием, параллельно с разработкой БДМП с ССУ, высокотехнологичного производства.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

Во втором полугодии 2019 года ЮУрГУ разработано частное техническое задание на машину для предварительных испытаний опытных образцов БДМП с ССУ. Таким образом частным техническим заданием были определены требования к машине, в которую будет устанавливаться разработанный опытный образец. Машина должна представлять собой устройство, состоящее из конструктивно доработанных (адаптированных) деталей и сборочных единиц серийного трактора модели Т10ПСМ.00011 с учетом согласованных присоединительных размеров (размеров для встраивания) и других технических параметров для применения

БДМП с ССУ в составе Машины. В конструкции Машины должны быть максимально использованы составные части (узлы и системы) трактора Т10ПСМ.00011.

Разработка частного технического задания была проведена с учетом ранее проведенных работ и с учетом документов, разработанных и использованных в рамках технического предложения, эскизного и технического проекта, а также ранее проведенных исследовательских испытаний БДМП с ССУ в соответствии с КАТ-010.00.00.000 ПМ.

По разработанному ЮУрГУ частному техническому заданию заказчик провел разработку технической документации на Машину для предварительных испытаний опытного образца БДМП с ССУ. По результатам разработки техническая документация была передана ЮУрГУ для дальнейшего изготовления Машины. Техническая документация для изготовления опытных образцов БДМП с ССУ прошла метрологическую экспертизу.

Изготовление опытных образцов и Машин проводилось организацией-соисполнителем по переданному комплекту технической документации на опытные образцы и Машины. Для изготовления одного их опытных образцов были использованы комплектующие изделия, признанные пригодными после демонтажа макета БДМП с ССУ по результатам исследовательских испытаний, проводимых на втором этапе реализации проекта.



Рис. 1. Опытный образец механизма поворота бесступенчатого дифференциального со следящей системой управления КАТ-010.00.00.000 – 01



Рис. 2. Машина для проведения предварительных испытаний опытного образца БДМПсССУ с установленным опытным образцом БДМПсССУ



Рис. 3. Члены комиссии на фоне Машины для проведения предварительных испытаний опытного образца БДМПсССУ с установленным в нее опытным образцом БДМПсССУ

# СОЗДАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ГИДРОПРИВОДОВ С ГИДРОСТАТИЧЕСКИМИ НАПРАВЛЯЮЩИМИ ШИРОКОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ С НИЗКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ПОДВИЖНЫХ ЧАСТЕЙ И ПОВЫШЕННЫМ РЕСУРСОМ ДЛЯ СТЕНДОВОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Руководитель проекта – доктор технических наук, доцент Д.В. Ардашев

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

**Создание высокотехнологичного производства комплектующих гидроприводов с гидростатическими направляющими, используемых для проведения эксплуатационных испытаний установок различного рода, в т. ч. в ресурсодобывающей, военной, космической отраслях, с целью повышения эффективности их функционирования и сокращения затрат на планово-восстановительный ремонт.**

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Проведение опытно-конструкторских, научно-исследовательских работ по разработке уникальных компонентов гидроприводов с гидростатическими направляющими (ГП с ГСН).
- ➋ Проведение опытно-конструкторских, научно-исследовательских работ по созданию уникального оборудования и технологии нанесения твердохромового покрытия на внутренние поверхности ответственных деталей ГП с ГСН.
- ➌ Проведение научно-исследовательских, проектных, строительных работ по возведению полноценного машиностроительного цеха для создания производства ГП с ГСН.
- ➍ Проведение работ по режимно-инструментальному и конструкторско-технологическому оснащению создаваемого высокотехнологичного производства ГП с ГСН.

- технология производства ГП с ГСН;
- технология нанесение твердохромового покрытия на внутренние поверхности ГП с ГСН;
- высокотехнологичное производство компонентов ГП с ГСН с низким сопротивлением перемещению подвижных частей и повышенным ресурсом.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

ГП с ГСН будут использоваться для изготовления специальных установок, работающих с применением гидроприводов и обеспечивающих нагрузку на объект испытаний во время проведения эксплуатационных испытаний сложных машин, агрегатов, конструкций и деталей, эксплуатирующихся в нефте-, газодобывающей и космической отраслях, авиа-, двигателе- и ракетостроении.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 г.

- Разработана комплектность технической документации.
- Проведены патентные исследования по ГП с ГСН с низким сопротивлением перемещению подвижных частей и повышенным ресурсом для стендо-вого испытательного оборудования.

- Разработан состав хромового электролита и выбраны режимы его нанесения на внутренние поверхности компонентов ГП с ГСН.
  - Разработано техническое предложение ГП с ГСН.

# ПАРТНЕР ПРОЕКТА

000 «Уральский инжиниринговый центр», г. Челябинск.

5100

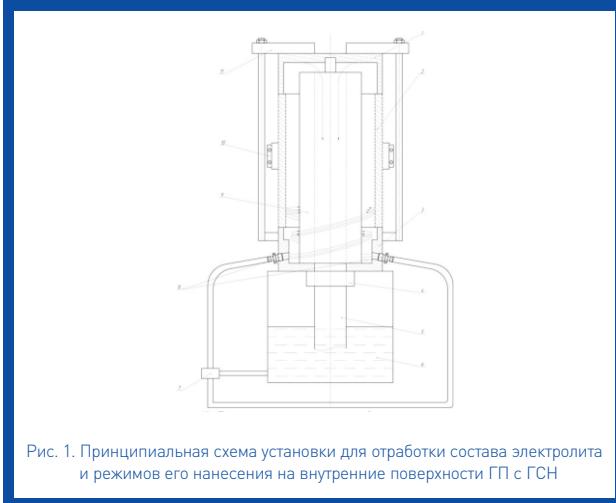


Рис. 1. Принципиальная схема установки для отработки состава электролита и режимов его нанесения на внутренние поверхности ГП с ГСН

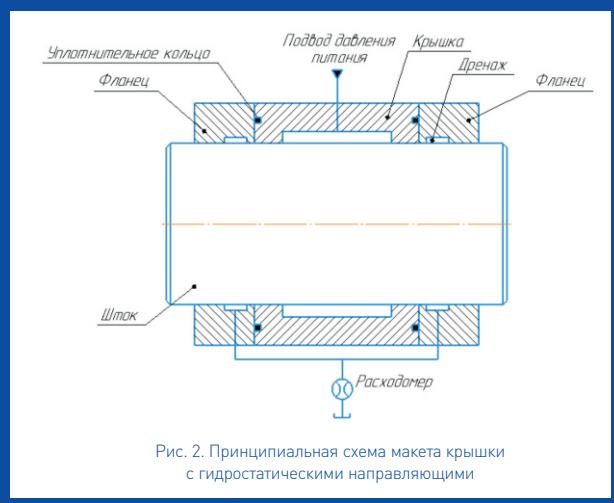


Рис. 2. Принципиальная схема макета крышки с гидростатическими направляющими

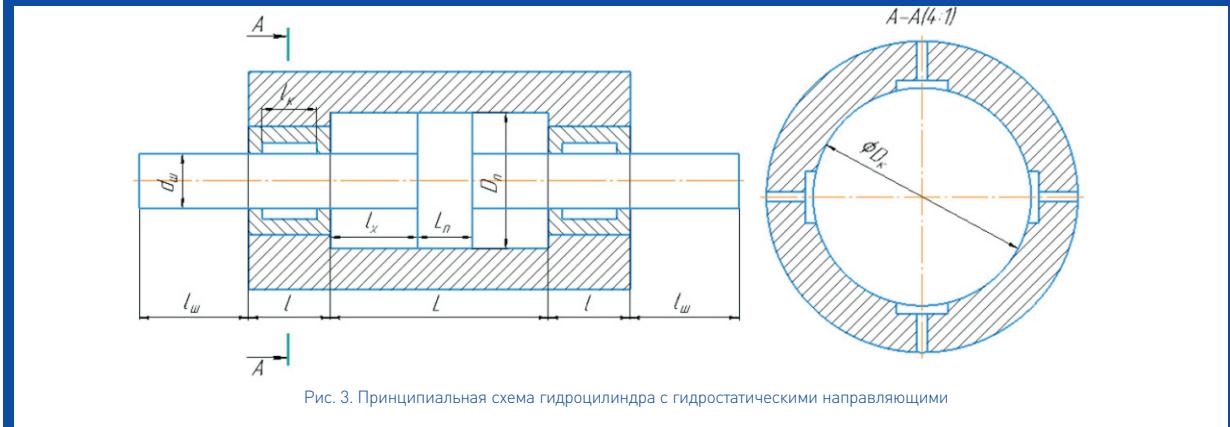


Рис. 3. Принципиальная схема гидроцилиндра с гидростатическими направляющими



Рис. 4. Гидропривод с гидростатическими подшипниками «Moog» (США)

**ЦИФРОВАЯ ИНДУСТРИЯ**

**РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ  
САМОНАСТРАИВАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ  
КОМПЛЕКСОМ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕДАЧИ  
И ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ  
И ВОДЫ НА ОСНОВЕ ВИМ И ВЕМ ТЕХНОЛОГИЙ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА  
ДАННЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРОВ  
И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ  
УСТРОЙСТВ**

**Руководитель проекта – доктор технических наук, профессор А.Л. Карташев**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Создание интеллектуальной системы управления комплексом производства, передачи и потребления энергетических ресурсов и воды.

**ПУБЛИКАЦИИ**

**3** научных статьи

**ИНДЕКСИРОВАНИЕ**

**3** статьи в Scopus/  
WoS

**ЗАДАЧИ  
ПРОЕКТА**

Разработка комплекса научно-технических решений, направленных на создание системы управления сложным технологическим комплексом производства, передачи и потребления энергии и воды. Получение значимых научных результатов в области интеллектуального анализа данных, параллельных вычислений и прогнозирования, комплексного управления тепло-, водоснабжением.

**ОЖИДАЕМЫЕ  
РЕЗУЛЬТАТЫ  
ПРОЕКТА**

Алгоритмы интеллектуального анализа данных и оценки их достоверности, алгоритмы управления тепло-, водоснабжением на основе прогнозирования потребления энергоресурсов.

Эскизная конструкторская документация и экспериментальный образец Системы управления сложным технологическим комплексом производства, передачи и потребления тепловой энергии и воды на основе ВИМ и ВЕМ технологий с использованием беспроводных сенсоров и интеллектуальных микропроцессорных устройств.

Программное обеспечение экспериментального образца Системы.

**ПЕРСПЕКТИВЫ  
ПРАКТИЧЕСКОГО  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Результаты проекта могут быть использованы в отраслях промышленности и в сфере жилищно-коммунального хозяйства, связанных с технологиями производства, передачи и потребления тепловой энергии и воды; для решения задач имитационного моделирования различных систем тепло- и водоснабжения.

Полученные результаты позволят разрабатывать комплексные интеллектуальные системы тепло- и водоснабжения на основе беспроводных технологий с использованием большого массива данных, в том числе системы прогнозирования и предотвращения аварийных ситуаций на энергетических сетях.

**РЕЗУЛЬТАТЫ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬ-  
СКОЙ РАБОТЫ,  
ПОЛУЧЕННЫЕ  
В 2019 г**

Результаты теоретических исследований режимов работы систем тепло-, водоснабжения и методов комплексного управления ими на основе современных подходов к оценке эффективности использования энергии при использовании беспроводных сенсорных сетей и алгоритмов интеллектуальной обработки данных:

- исследованы режимы работы систем тепло-, водоснабжения и методы комплексного управления ими с выявлением критериев зависимости;
- исследованы методы построения киберфизических систем и анализа существующих моделей трафика и протоколов маршрутизации;
- исследованы автономные сенсорные устройства с функцией беспроводной передачи данных;
- исследованы методы интеллектуального анализа данных и оценки их достоверности, поиска аномальных значений.

Разработаны имитационные модели теплоэнергетических процессов в системах тепло- и водоснабжения с применением BIM и BEM технологий:

- имитационные модели разработаны на основе BIM (Building Information Modelling) технологии, представляющей собой информационное моделирование зданий, в результате которого появляется информационная модель здания: на каждой стадии процесса строительства имеется определенная модель здания, вся информация о котором отображена в полном объеме, при этом технология BIM предполагает возможность дополнения модели необходимыми данными;
- имитационные модели разработаны на основе BEM (Building Energy Modelling) технологии, представляющей собой моделирование «жизни» здания в течение расчетного периода; методы энергомоделирования зданий позволяют проанализировать энергетическую и экономическую эффективность потребления энергоресурсов;
- задачей имитационных моделей является апробация алгоритмов и режимов работы разрабатываемой системы.

Разработаны алгоритмы интеллектуального анализа данных:

- разработаны схемы и описание алгоритмов интеллектуального анализа данных;
- разработаны методы оценки достоверности и поиска аномальных значений данных о параметрах Системы, получаемых при помощи интеллектуальных сенсоров;
- разработаны методы восстановления пропущенных данных;

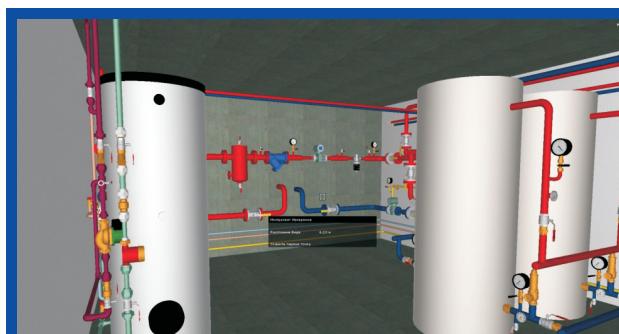


Схема инженерных систем

- разработано программное обеспечение, реализующее данный алгоритм, подана заявка на государственную регистрацию программы.

Разработан алгоритм управления тепло-, водоснабжения на основе краткосрочного прогнозирования потребления энергоресурсов:

- разработаны схема и описание алгоритма управления тепло- и водоснабжением на основе краткосрочного прогнозирования;
- прогнозирование потребления энергоресурсов проводится для трех уровней потребления: потребителя (квартиры), здания и мегаполиса;
- разработано программное обеспечение, реализующее данный алгоритм.

Проведены вычислительные эксперименты с применением имитационных моделей:

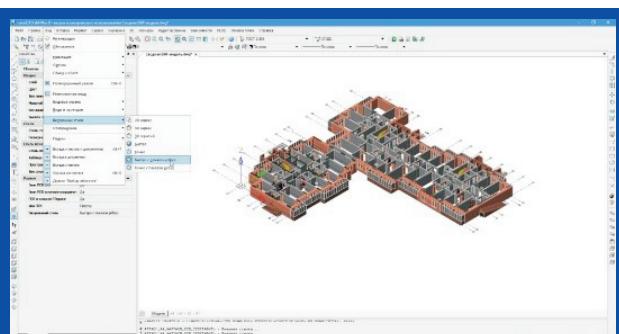
- разработана электронная модель научно-практического полигона, включающая анализ исходных данных для функционирования системы теплоснабжения, конструкторский расчет элементов тепловой сети, наладочный и поверочный расчеты параметров тепловой сети;
- проведены вычислительные эксперименты по разработанным имитационным моделям теплоэнергетических процессов в системах тепло- и водоснабжения с применением алгоритмов интеллектуального анализа данных и алгоритмов управления;
- проведено энергетическое обследование зданий и сооружений научно-практического полигона, включая здания кампуса Южно-Уральского государственного университета.

По результатам проведенных исследований опубликовано 3 статьи в изданиях, включенных в Международную базу данных Scopus.

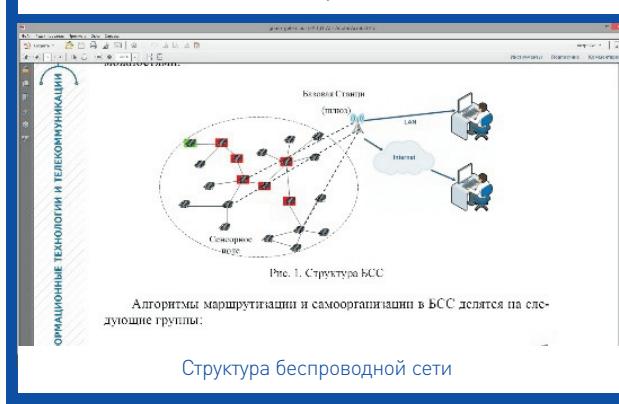
По результатам разработки алгоритмов и программного обеспечения подано 3 заявки на получение свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

- ООО «Русская приборостроительная корпорация «Системы управления» [г. Челябинск]



3 D модель здания



# МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ЗАДАЧАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА И ГЛУБОКОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

**Руководитель проекта – доктор физико-математических наук, профессор  
Л.Б. Соколинский**

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Совершенствование известных и разработка новых масштабируемых моделей, методов и алгоритмов обработки больших данных, возникающих прежде всего в задачах интеллектуального анализа данных, машинного обучения и линейного программирования.

## ПУБЛИКАЦИИ

12 научных  
статьй

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

12 статей  
в Scopus/  
WoS



## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➲ Провести вычислительные эксперименты на модельных и реальных нестационарных задачах линейного программирования большой размерности для исследования эффективности предложенных подходов.
- ➲ Выполнить реализацию предложенного алгоритма в виде программы на языке C++ с использованием технологий параллельного программирования MPI и OpenMP.
- ➲ Провести аналитическое исследование сходимости разработанного алгоритма.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➲ Разработка параллельного алгоритма вычисления матрицы Евклидовых расстояний для процессоров Intel Xeon Phi KNL.
- ➲ Разработка параллельного алгоритма поиска похожих подпоследовательностей в сверхбольших временных рядах на кластерных системах с узлами на базе процессоров Intel Xeon Phi KNL.
- ➲ Проведение вычислительных экспериментов для исследования
- эффективности предложенных алгоритмов и подходов.
- ➲ В рамках проекта для исследования масштабируемости параллельных алгоритмов разработать для модели параллельных вычислений BSF (Bulk Synchronous Farm) расширения с использованием функций высшего порядка Map и Reduce.
- ➲ Комплекс «ParGRES» будет использован для создания импортозамещающей платформы с открытым кодом, способной эффективно решать задачи интеллектуального анализа больших данных на современных кластерных вычислительных системах.
- ➲ Модель параллельных вычислений BSF-MR может быть использована для анализа границы масштабируемости параллельных алгоритмов для кластерных вычислительных систем на ранней стадии их разработки.
- ➲ Метод NSLP будет использован для исследования нейросетевых алгоритмов решения сверхбольших нестационарных задач линейного программирования. Колоночный сопроцессор КСОП будет использован для обработки хранилищ данных, включая многомерные данные.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

Для решения сверхбольших нестационарных задач линейного программирования разработан масштабируемый алгоритм NSLP (Non-Stationary Linear Programming), ориентированный на кластерные вычислительные системы.

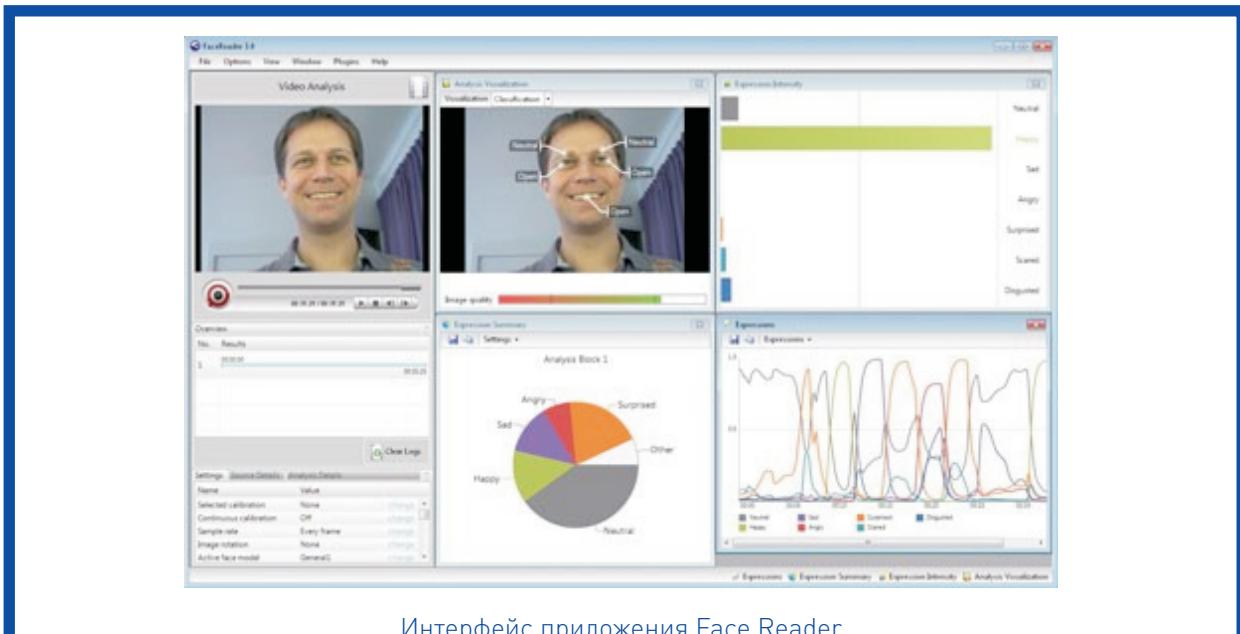
Проведено аналитическое исследование параллельного метода псевдопроекций, используемого на фазе Quest для нахождения решения системы неравенств, задающих систему

ограничений задачи линейного программирования в условиях динамического изменения исходных данных.

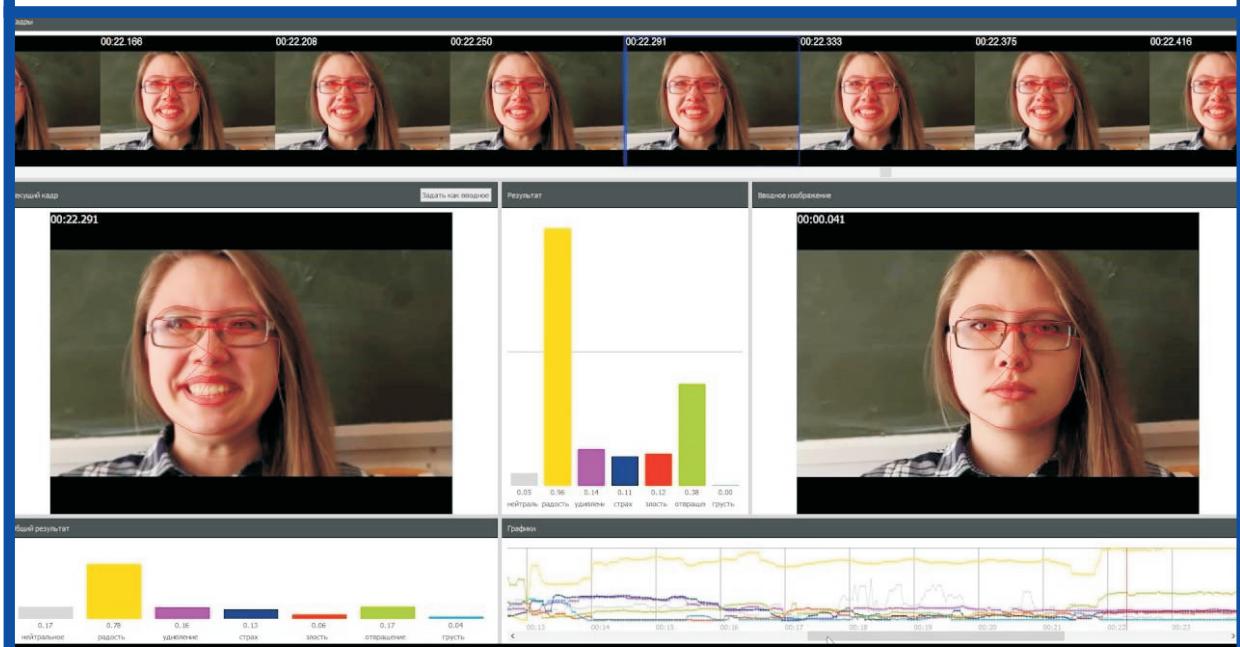
В рамках проекта для исследования масштабируемости параллельных алгоритмов была разработана модель параллельных вычислений BSF [Bulk Synchronous Farm], являющаяся расширением модели BSP и основанная на методе программирования SPMD и парадигме «мастер–рабочие».

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

- Huawei.
- Папилон.
- Наполеон Ай-Ти.
- Интерсвязь.
- GIP GROUP.
- Лаборатория Касперского.



Интерфейс приложения Face Reader



Интерфейс приложения EmoDetect

# РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ СТОХАСТИЧНОЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Руководитель проекта – доктор экономических наук, доцент Т.А. Худякова

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью проекта является разработка теоретических положений и практических методов управления оптимальной траекторией устойчивого и эффективного развития промышленных предприятий в условиях стохастичной внешней среды.

## ПУБЛИКАЦИИ

36 научных статей

5 научных докладов

1 диссертация

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

8 статей в Scopus

10 статей в Web of Science

24 статьи в РИНЦ

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➲ Разработка концептуальных положений и принципов управления промышленным предприятием с позиции устойчивого и эффективного развития в условиях стохастичной внешней среды, обуславливающей динамику входных параметров миниэкономической системы.
- ➲ Анализ влияния стохастичной среды на траекторию устойчивого развития российских промышленных предприятий в контексте финансового, экономического и финансово-экономического подходов к определению устойчивости предприятия.
- ➲ Выявление факторов, препятствующих построению оптимальной траектории устойчивого развития российских промышленных предприятий.
- ➲ Анализ влияния смены общественных парадигм на концептуальные подходы к управлению устойчивым и эффективным развитием предприятия. Уточнение понятийного аппарата «устойчивое развитие», «эффективное развитие» в разрезе господствующей общественной парадигмы.
- ➲ Разработка методических подходов к управлению оптимальной траекторией устойчивого и эффективного развития хозяйствующего субъекта на основе принципов целеполагания и целевориентированности.
- ➲ Разработка комплексной модели управления оптимальной траекторией устойчивого и эффективного развития промышленных предприятий в условиях стохастичной внешней среды.

ей устойчивого и эффективного развития российских промышленных предприятий в условиях стохастичности внешней среды.

- ➲ Разработка методологических подходов, включающих в себя разработку экономико-математических моделей, к определению эффективности процесса управления в контексте построения оптимальной траектории устойчивого и эффективного развития хозяйствующего субъекта в разрезе целеполагания.
- ➲ Верификация разработанных методологических положений управления оптимальной траекторией устойчивого развития российских промышленных предприятий в условиях стохастичности внешней среды.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Полученные результаты исследования доведены до уровня конкретных практических рекомендаций и могут быть использованы при формировании механизмов устойчивого развития российских предприятий в условиях флюктуационных возмущений. Это позволит, в частности, повысить финансово-экономическую устойчивость субъектов экономики в разрезе целеполагания, а следовательно, повысить уровень резистентности российской экономики кризису.



# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

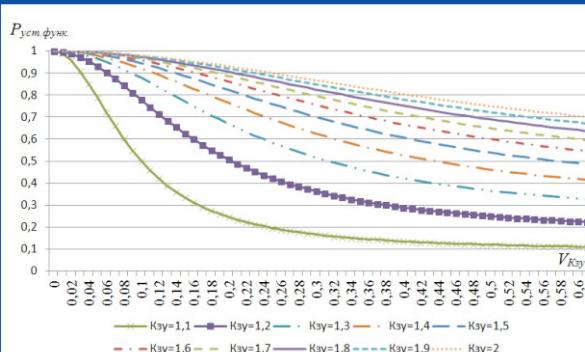
На 3 (итоговом) этапе исследования были получены следующие научные результаты:

- предложены научные подходы, включающие в себя экономико-математических модели, к определению эффективности процесса управления предприятием в контексте построения оптимальной траектории устойчивого развития хозяйствующего субъекта, базирующиеся на вероятностно-статистическом подходе;
- предложены методологические подходы, включающие в себя разработку имитационных моделей, к определению эффективности процесса управления предприятием в контексте построения оптимальной траектории устойчивого развития хозяйствующего субъекта, базирующихся на подходе теории нечетких множеств;
- на основе предложенных подходов разработаны принципы принятия управлеченческих решений, направленных на повышение устойчивости предприятия, в условиях вариабельной среды;
- разработана система показателей, характеризующих эффективность управлеченческих решений;

произведена верификация разработанных методологических положений формирования механизмов устойчивого развития промышленных предприятий в условиях стохастической внешней среды.

Наличие нескольких подходов к оценке эффективности системы управления устойчивостью предприятия в условиях вариабельной среды, разработанных на третьем (итоговом) этапе реализации научного проекта, существенно расширяют спектр возможного применения разрабатываемой методологии формирования механизмов устойчивого развития промышленных предприятий в условиях стохастической внешней среды, что обусловлено разным набором входных параметров анализа в этих моделях.

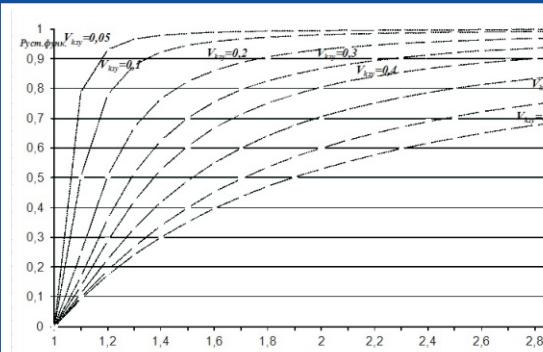
Результаты исследования опубликованы в научных изданиях, входящих в международные базы данных, в частности, в журналах по устойчивости социально-экономических систем, входящих в Q1 Scopus, Web of Science и в топ-10 Scopus. Кроме того, полученные результаты докладывались на международных конференциях, входящих в базы данных Scopus и Web of Science, а также были использованы в рамках защиты диссертации на соискание степени доктора экономических наук. В настоящее время они используются в учебном процессе в рамках магистерской программы по направлению подготовки 38.04.02 «Менеджмент» профиль «Управление устойчивым развитием современной корпорации».



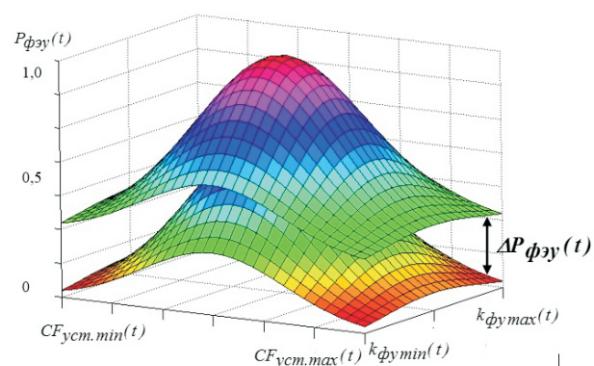
Зависимость вероятности устойчивого функционирования промышленного предприятия от коэффициента вариации запаса устойчивости



Графическая интерпретация результативности системы управления промышленным предприятием по критерию финансово-экономической устойчивости в разрезе временного континуума



Зависимость вероятности устойчивого функционирования миниэкономической системы от среднего значения коэффициента запаса устойчивости



Графическая интерпретация оценки результативности управления устойчивым развитием предприятия

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ РАСХОДОМЕРОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСЧЕТНЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Руководитель проекта – кандидат технических наук П.А. Тараненко

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка связанной математической модели кориолисового расходомера, включающей в себя подсистемы управления и обработки сигналов, механическую колебательную подсистему и модель текущей среды для совершенствования существующих и повышения эффективности разработки новых приборов.

## ПУБЛИКАЦИИ

2 научные статьи

2 научные конференции

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

2 статьи в Scopus

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➲ Расчетно-экспериментальное исследование динамических свойств кориолисового расходомера с текущей средой при его вынужденных колебаниях в зависимости от конструктивных и режимных параметров системы.
- ➲ Разработка верифицированной результатами модальных и проливочных испытаний междисциплинарной функциональной модели кориолисового расходомера с текущей средой с учетом условий закрепления и подсистем управлений и обработки сигнала.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Связанная функциональная модель кориолисового расходомера, включающая в себя трубопроводы, подсистемы управления и обработки сигналов, механическую колебательную подсистему и модель текущей среды и позволяющая предсказывать отклик расходомера при изменении длины участка трубопровода, массово-геометрических свойств расходомера и параметров текущей среды.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Результаты исследования предназначены для предприятий-производителей кориолисовых

расходомеров и рекомендованы к использованию при их проектировании, совершенствовании и монтаже на месте эксплуатации.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 г.

- Разработана методика расчета отклика кориолисового расходомера на внешнее возбуждение по результатам экспериментального модально-го анализа.
- Разработана расчетная модель кориолисового расходомера с учетом текущей среды и внешнего вынуждающего воздействия.
- Разработана методика расчета динамических свойств системы «кориолис расходомер – трубопроводы» по экспериментальным динамическим характеристикам ее подсистем.
- Объяснено явление снижения точности измерения массового расхода при изменении условий закрепления расходомера.
- Разработана методика диагностики влияния условий закрепления на точность измерения расходомера при его установке на месте реальной эксплуатации.
- Выполнено исследование ЭДС измерительных катушек в зависимости от их параметров и расположения в пространстве.

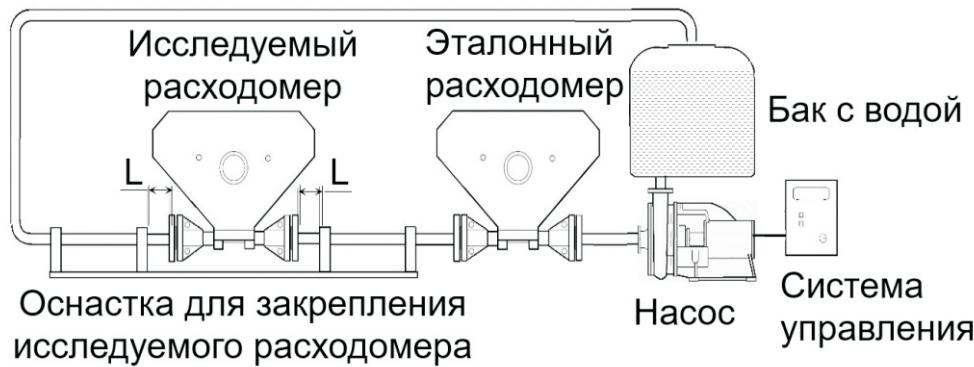
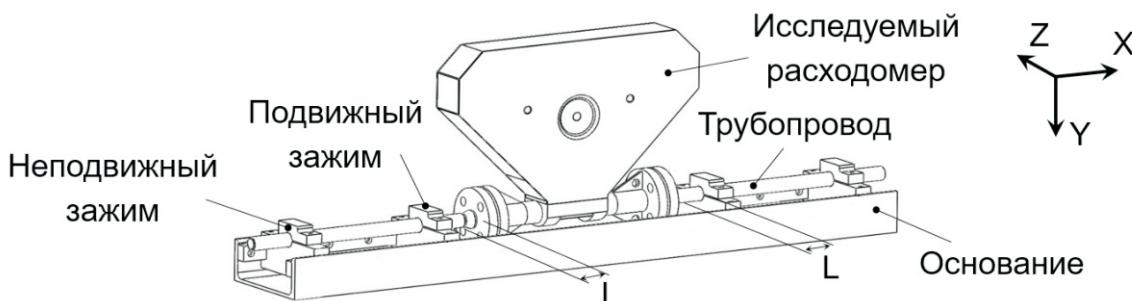
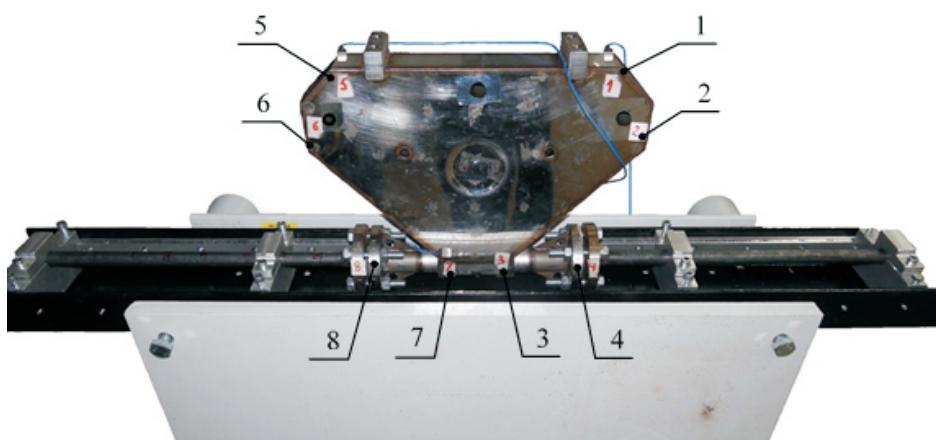


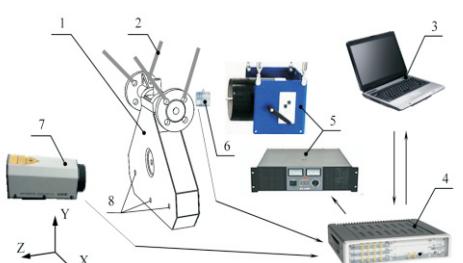
Схема проливочного стенда



Исследование влияния жесткости закрепления на показания массового расхода



Экспериментальный модальный анализ системы «расходомер – трубопроводы»



1 – исследуемый кориолисов расходомер; 2 – жгуты для вывешивания; 3 – компьютер;  
4 – измерительная система с генератором; 5 – модальный вибростенд и усилитель;  
6 – датчик силы; 7 – лазерный виброметр; 8 – отверстия

Схема модальных испытаний кориолисового расходомера



Измерение экспериментальных передаточных функций

# ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЙ УПРУГОГО ТРУБОПРОВОДА, ВЫЗВАННЫХ ТРАНСПОРТИРУЕМЫМ НЕОДНОРОДНЫМ ПОТОКОМ

Руководитель проекта – доктор технических наук, профессор В.П. Бескачко

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Оценка возможности и установление границ применимости расчетных подходов к моделированию поведения механической части трубопровода применением современных вычислительных средств прогнозирования взаимодействия деформируемого твердого тела и жидкости.

## ПУБЛИКАЦИИ

2 научные статьи

2 научные конференции

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

2 статьи в Scopus

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➲ Выполнение численных экспериментов и аналитических оценок для моделей системы «трубопровод-поток» для изучения влияния состава и режима двухфазного потока на наблюдаемые параметры движения трубопровода.
- ➲ Разработка и апробация схемы решения обратной задачи динамики – восстановления параметров потока по наблюдаемым параметрам движения трубопровода.
- ➲ Выполнение натурных экспериментов. Верификация разработанных моделей.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

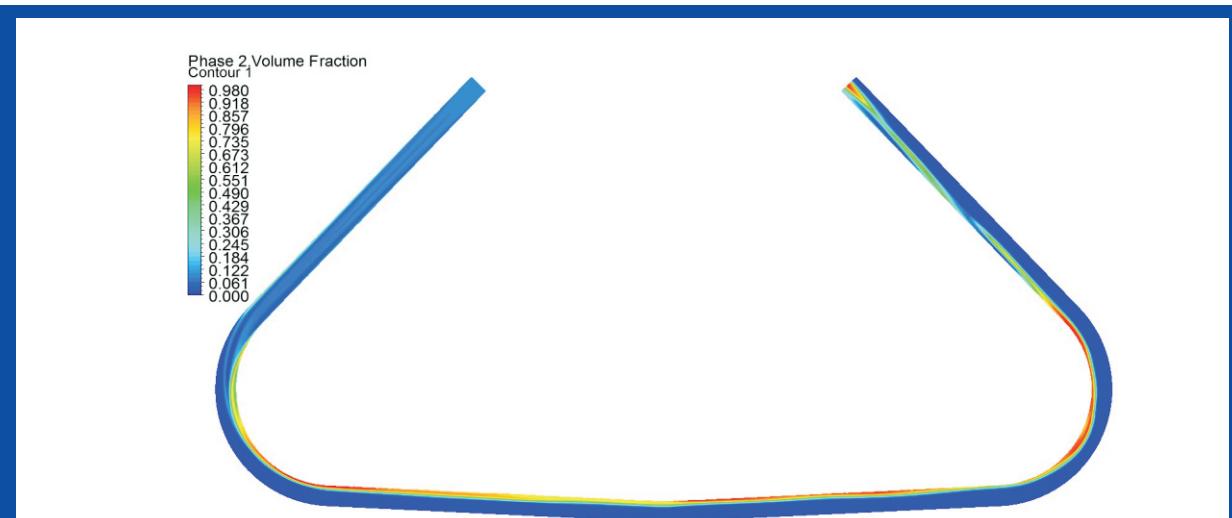
Связанная упруго-гидродинамическая модель расходомера, включающая в себя модель текущей двухфазной среды и позволяющая предсказывать ее отклик [разность фаз механических колебаний] при изменении параметров потока (давления, расхода, плотности, объемной доли газовой фазы).

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

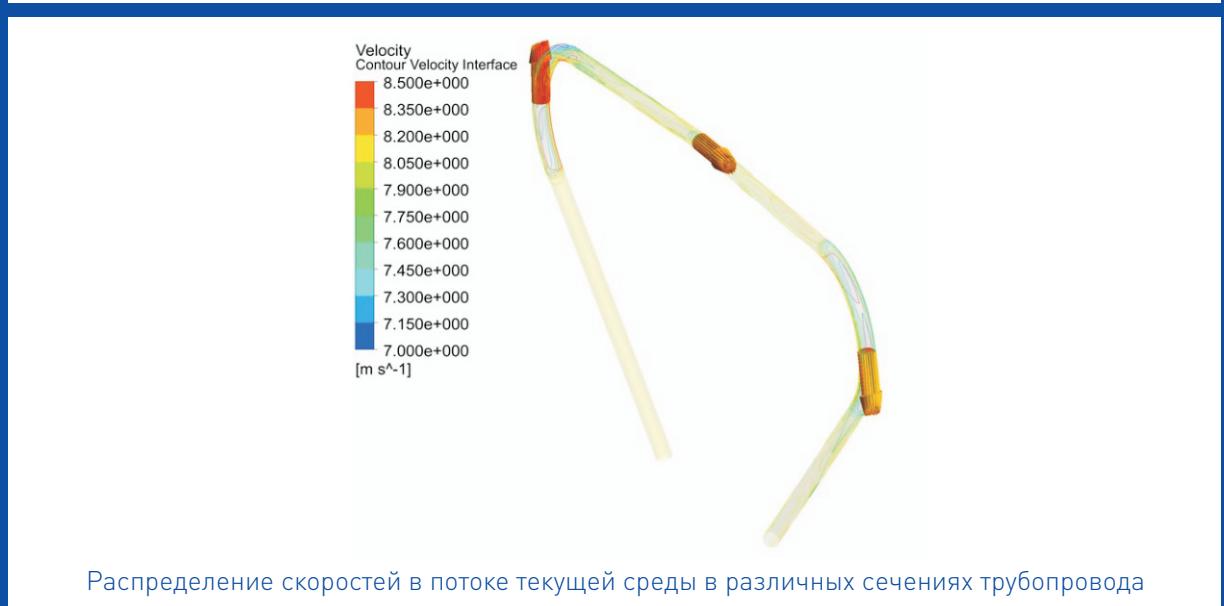
Появление новых методик и инструментов с целью разработки отечественных мультифазных расходомеров для бессепарационного измерения расхода нефтегазоводяной смеси.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 г.

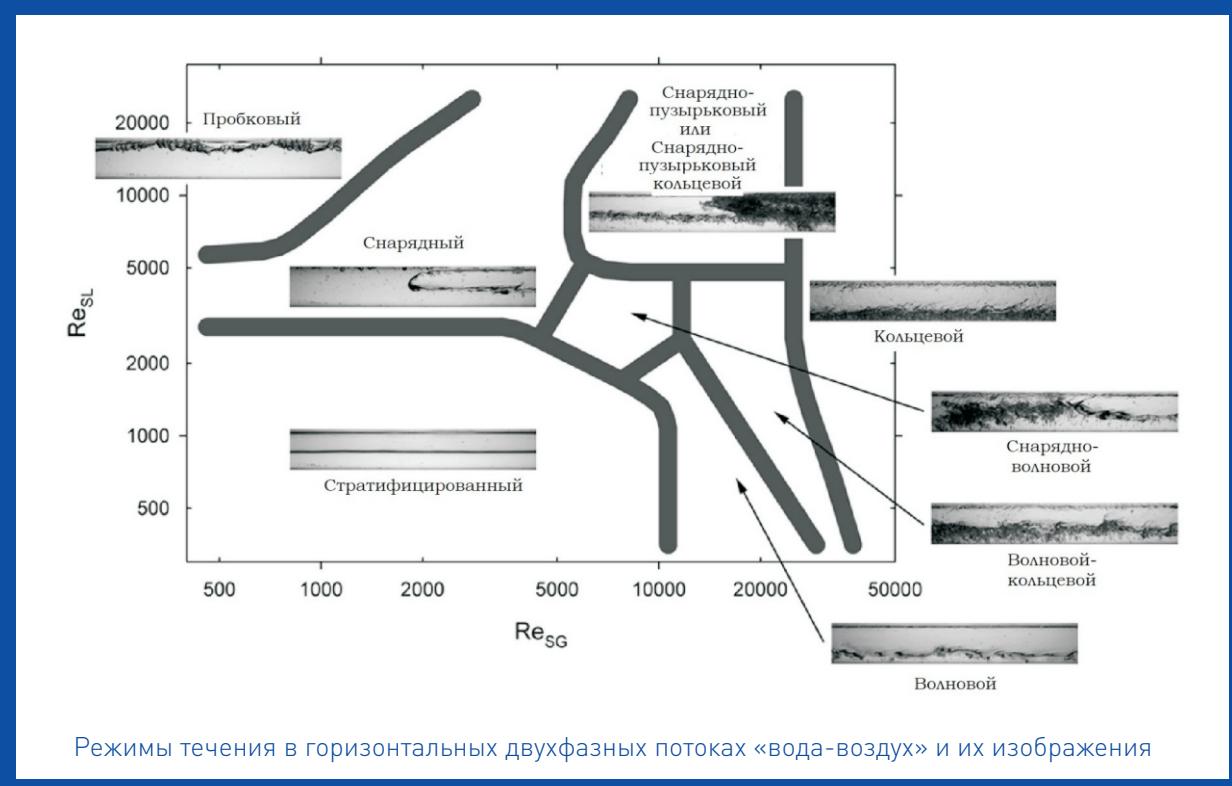
- С использованием Ansys/Fluent разработана методика решения задачи о течении двухфазной среды по недеформируемому трехмерному прямолинейному трубопроводу.
- Разработана методика оценки распределения по длине трубопровода объемно-массовых параметров двухфазной среды.
- Разработана балочная 1D-модель деформируемой прямой трубы с учетом двухфазной среды и внешнего вынуждающего воздействия. Выполнен расчет ее установившихся колебаний при случайном распределении воздуха по длине трубы.
- Разработана методика решения задачи о колебаниях трехмерного деформируемого криволинейного трубопровода, возбуждаемых потоком текущей двухфазной среды и внешней вынуждающей сосредоточенной силой.
- Разработана методика оценки распределения по длине криволинейной трубы кориолисовых сил, полученных по результатам решения связанный трехмерной упругогидродинамической задачи.
- Выполнено расчетное исследование влияния диссипативных свойств на фазы перемещений криволинейной трубы.
- Получены экспериментальные оценки декрементов колебаний в зависимости от расхода жидкости и объемной доли воздуха в текущей среде.



Распределение газовой фазы в потоке текущей двухфазной среды в криволинейном трубопроводе



Распределение скоростей в потоке текущей среды в различных сечениях трубопровода



Режимы течения в горизонтальных двухфазных потоках «вода-воздух» и их изображения

# ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Руководитель проекта – профессор М.А. Григорьев

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Проект направлен на разработку энерго- и ресурсосберегающих надёжных электротехнических комплексов для объектов нефтегазового сектора.

## ПУБЛИКАЦИИ

30 научных статей

1 патент

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

30 статей в Scopus

20

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➲ Разработка многофазных электромеханических преобразователей для объектов нефтегазового сектора.
- ➲ Создание математических моделей многофазных электрических машин.
- ➲ Разработка законов управления фазными токами, учитывающих совместную работу электрической машины и полупроводникового преобразователя.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Технические решения могут использоваться: при производстве регулируемых электроприводов переменного тока объектов буровых установок.

Возможные потребители технических результатов: инженерные компании, занимающиеся разработкой электрооборудования и систем автоматики для объектов буровых установок.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➲ Методики синтеза многоуровневых полупроводниковых преобразователей частоты, отличающихся улучшенными энергетическими показателями на (1–3)%.
- ➲ Электроприводы с улучшенными массогабаритными показателями, отличающиеся повышенной надежностью и высокими технико-экономическими показателями.
- ➲ Методики синтеза регулируемых электроприводов с новыми типами электрических машин, позволяющие повысить достоверность определения исходных параметров объектов буровых установок.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 г.

- Получены конечно-элементные математические модели объектов управления, позволяющие повысить качество и достоверность определения параметров объектов буровых установок.
- Алгоритмы оптимизации технологических объектов на уточненных математических моделях.
- Дано оценка синергетического эффекта от внедрения новых проектных решений.

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Технические решения могут использоваться: при производстве регулируемых электроприводов переменного тока объектов буровых установок.

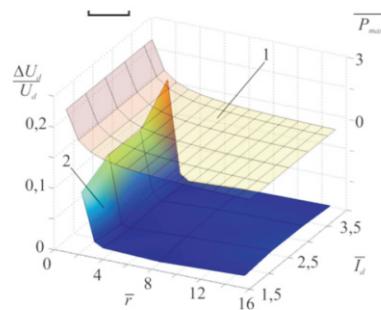
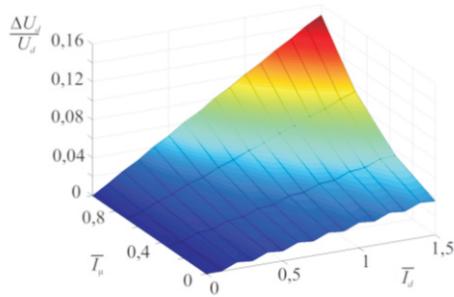
Возможные потребители технических результатов: инжиниринговые компании, занимающиеся разработкой электрооборудования и систем автоматики для объектов буровых установок.

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

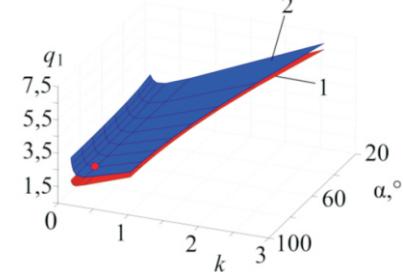
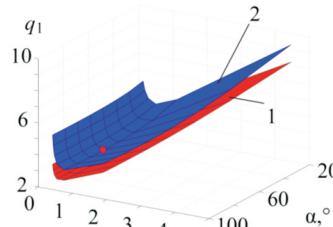
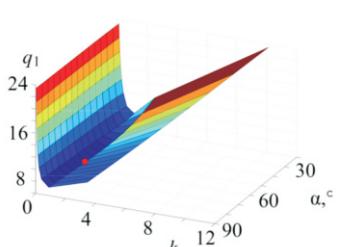
- ООО «РиК-Энерго» (Челябинск).
- ООО НТЦ «Приводная техника».

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 г.

- Получены конечно-элементные математические модели объектов управления, позволяющие повысить качество и достоверность определения параметров объектов буровых установок.
- Алгоритмы оптимизации технологических объектов на уточненных математических моделях.
- Дано оценка синергетического эффекта от внедрения новых проектных решений.
- Предложены схемы силовых цепей полупроводниковых преобразователей с новыми типами электрических машин.
- Выполнено обоснование применения многоуровневых преобразователей частоты для низковольтного оборудования объектов нефтегазового комплекса.



Зависимость удельных цен на электромеханические преобразователи  
от тока и количество полюсов машин



Зависимости показателя использования электродвигателя от его параметров

# РАЗРАБОТКА СВЕРХМАСШТАБИРУЕМЫХ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ С БЫСТРО МЕНЯЮЩИМИСЯ ИСХОДНЫМИ ДАННЫМИ

Руководитель проекта – доктор физико-математических наук, профессор  
Л.Б. Соколинский

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование и реализация в виде программного комплекса для супер-ЭВМ сверхмасштабируемых методов и алгоритмов решения задач линейного программирования большой размерности с быстро меняющимися исходными данными.

## ПУБЛИКАЦИИ

10 научных статей

5 докладов на научных конференциях

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

3 статьи в Scopus

1 статья в WoS

4 статьи в других БД

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ❶ На базе использования метода построения псевдопроекций с помощью фейеровских отображений разработать сверхмасштабируемый метод решения нестационарных задач линейного программирования большой размерности.
- ❷ Провести аналитическое исследование сходимости разработанного алгоритма.
- ❸ Выполнить реализацию предложенного алгоритма в виде программы на языке C++ с использованием технологий параллельного программирования MPI и OpenMP.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

- ❶ Новый сверхмасштабируемый «следящий» алгоритм решения задач линейного программирования большой размерности с быстро меняющимися исходными данными.
- ❷ Доказательство теоремы сходимости для «следящего» алгоритма. Программная реализация «следящего» алгоритма с использованием технологий MPI и OpenMP для кластерной вычислительной системы с многоядерными процессорами.
- ❸ Исследование применимости «следящего» алгоритма в некоторых задачах экономико-математического предсказательного моделирования.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Создание научно-технической продукции.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 г.

- Для решения сверхбольших нестационарных задач линейного программирования разработан масштабируемый алгоритм NSLP (Non-Stationary Linear Programming), ориентированный на кластерные вычислительные системы.
- Проведено аналитическое исследование параллельного метода псевдопроекций, используемого на фазе Quest для нахождения решения системы неравенств, задающих систему ограничений задачи линейного программирования в условиях динамического изменения исходных данных.
- В рамках проекта для исследования масштабируемости параллельных алгоритмов была разра-

ботана модель параллельных вычислений BSF (Bulk Synchronous Farm), являющаяся расширением модели BSP и основанная на методе программирования SPMD и парадигме «мастер–рабочие».

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

Huawei



$H_i$

$$H_i: \langle a_i, x \rangle = b_i$$

$$\rho_{H_i}(z) = \frac{b_i - \langle a_i, z \rangle}{\|a_i\|^2} a_i$$

Вектор проекции на гиперплоскость

1.  $x^{(0)} := \mathbf{0}$   
 2.  $k := 0$   
 3.  $x^{(k+1)} := x^{(k)} + \varphi^{(k)}(x^{(k)})$   
 4.  $\text{if } \|x^{(k+1)} - x^{(k)}\|^2 < \varepsilon \text{ goto 7}$   
 5.  $k := k + 1$   
 6. **goto 3**  
 7. **stop**

Итерационный алгоритм Чиммино для неравенств

$T_K = K(L + t_s) + t_w/K + K(L + t_r) + (K - 1)t_a + Kt_p$

Время решения задачи система из одного мастера и  $K$  рабочих

# МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РЕСУРСА ПАРАЛЛЕЛИЗМА ЧИСЛЕННЫХ АЛГОРИТМОВ И СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЙ КОДИЗАЙН НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ Q-ДЕТЕРМИНАНТА

Руководитель проекта – кандидат физико-математических наук, доцент В.Н. Алеева

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью проекта является исследование с помощью концепции Q-детерминанта ресурса параллелизма численных алгоритмов и его реализации на параллельных вычислительных системах.

## ПУБЛИКАЦИИ

11 научных статей

12 научных докладов на конференциях

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

3 статьи в Scopus/  
WoS

8 статей в РИНЦ

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Разработка методов для анализа ресурса параллелизма численных алгоритмов на основе концепции Q-детерминанта.
- ➋ Программная реализация разработанных методов для анализа ресурса параллелизма численных алгоритмов и проведение ее экспериментального исследования.
- ➌ Разработка расширенной модели концепции Q-детерминанта с целью учета потерь, возникающих при работе с памятью при выполнении алгоритма на параллельной вычислительной системе, и проведение ее экспериментального исследования.

## ИТОГОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

К важнейшим результатам, полученным при реализации проекта, относятся следующие результаты. На основе использования единого описания численных алгоритмов – представления алгоритмов в форме Q-детерминанта – решены проблемы, связанные с эффективной реализацией параллельных вычислений.

- ➍ Автоматизированный анализ ресурса параллелизма численных алгоритмов. Разработанная программная Q-система дает возможность исследовать ресурс па-

раллелизма любого численного алгоритма, а также для любого класса численных алгоритмов, решающих одну и ту же алгоритмическую проблему, находить алгоритм с лучшим ресурсом параллелизма.

- ➎ Реализация ресурса параллелизма численных алгоритмов на параллельных вычислительных системах. Применение предложенного метода проектирования Q-эффективных программ, который основан на расширенной модели концепции Q-детерминанта, решает проблему наиболее полного использования ресурса параллелизма численных алгоритмов и тем самым делает возможной эффективную реализацию численных алгоритмов на параллельных вычислительных системах.
- ➏ Эффективное программирование. Процесс создания Q-эффективных программ получил название Q-эффективного программирования. Это понятие было расширено и предложена технология Q-эффективного программирования, которая может применяться не только для эффективной реализации численных алгоритмов, но и для повышения эффективности реализации методов решения алгоритмических проблем, а также для повышения эффективности реализации самих алгоритмических проблем. Для этого из класса алгоритмов,

реализующих метод или алгоритмическую проблему, с помощью Q-системы находится алгоритм с лучшим ресурсом параллелизма, а затем для него разрабатывается Q-эффективная программа.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Полученные по проекту результаты в совокупности могут быть использованы как одно из решений проблемы эффективности параллельных вычислений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

- Программная Q-система для исследования ресурса параллелизма численных алгоритмов доведена до рабочей версии. Проведена ее опытная эксплуатация. Разработаны рекомендации по применению Q-системы на основе результатов проведенного экспериментального исследования ресурса параллелизма численных алгоритмов, в том числе численных алгоритмов линейной алгебры.
- Продолжалось экспериментальное исследование технологии Q-эффективного программирования, использующей расширенную модель концепции Q-детерминанта и основанный на ней метод проектирования параллельных программ, с целью реализации ресурса параллелизма численных алгоритмов для решения различных классов задач на параллельных вычислительных системах.
- На основе результатов экспериментального исследования технологии Q-эффективного программирования, проведенного в 2017–2019 годах, разработаны основные положения технологии Q-эффективного программирования. Вычислительные эксперименты проводились на суперкомпьютере «Торнадо ЮУрГУ».

The screenshot shows a table with columns 'COMPARE', 'ID', and 'Name'. The 'NAME' column lists various numerical methods: Gauss – Jordan method, Algorithm for solving a quadratic equation, Gauss – Seidel method, Algorithm for computing the scalar product of vectors, Algorithm for computing the scalar product of vectors, Algorithm for solving a quadratic equation, Jacobi method, and The algorithm for finding the maximum element in a sequence of numbers.

Q-system  
Q-system  
COMPARE ID Name  
1 Gauss – Jordan method  
2 Algorithm for solving a quadratic equation  
3 Gauss – Seidel method  
4 Algorithm for computing the scalar product of vectors  
5 Algorithm for computing the scalar product of vectors  
6 Algorithm for solving a quadratic equation  
10 Jacobi method  
11 The algorithm for finding the maximum element in a sequence of numbers

Q-система для исследования  
ресурса параллелизма численных алгоритмов

### Software Q-system for the Research of the Resource of Numerical Algorithms Parallelism<sup>1</sup>

Valentina Aleva, Ekaterina Bogatyreva, Artem Skleznev,  
Mikhail Sokolov, Artemii Shuppa

South Ural State University (National Research University)

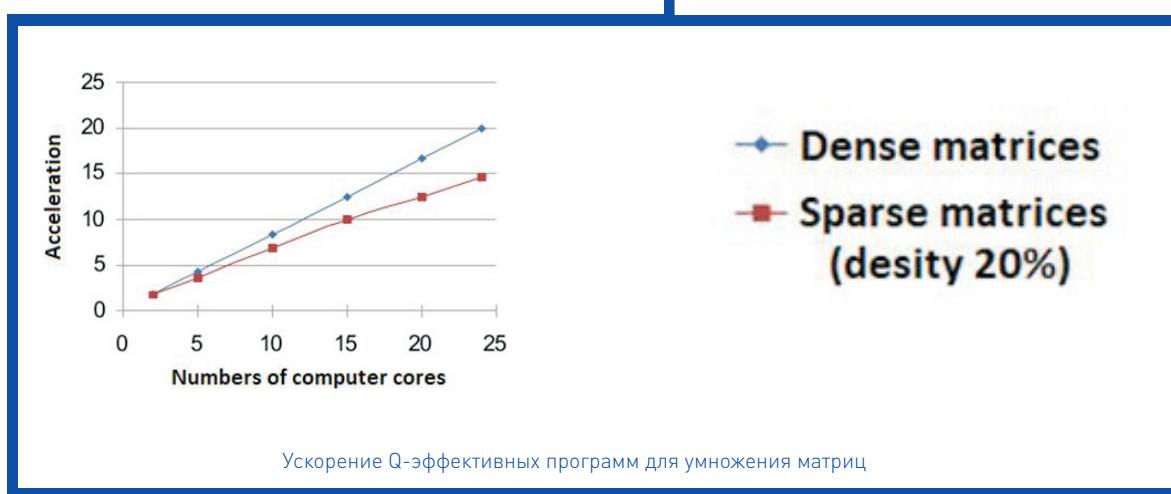
Russian Supercomputing Days  
Moscow, 2019

<sup>1</sup>The reported study was funded by RFBR according to the research project № 17-07-00865 a. The work was supported by Act 211 Government of the Russian Federation, contract № 02.A03.21.0011.

Доклад на международной научной конференции



Суперкомпьютер «Торнадо ЮУрГУ»



# РАЗРАБОТКА ВЫСОКОМАСШТАБИРУЕМЫХ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ДАННЫХ НА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ С КЛАСТЕРНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ

Руководитель проекта – кандидат физико-математических наук, доцент М.Л. Цымблер

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка методов и алгоритмов, позволяющих эффективно использовать высокопроизводительные кластеры с многоядерными ускорителями для интеллектуального анализа распределенных данных.

## ПУБЛИКАЦИИ

**18** научных статей

**7** докладов на научных конференциях

**1** докторская диссертация

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

**8** статей в Scopus

**6** статей в журналах из перечня ВАК

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Разработать новые параллельные алгоритмы и методы интеллектуального анализа распределенных данных, обеспечивающие сверхвысокую масштабируемость обработки данных на вычислительных кластерах с узлами на базе многоядерных ускорителей; при этом особое внимание предполагается уделить использованию векторизации вычислений и выравнивания данных.
- ➋ Разработать подход к интеграции созданных методов и алгоритмов в параллельную СУБД.
- ➌ Выполнить вычислительные эксперименты, исследующие эффективность разработанных методов и алгоритмов на реальных и синтетических данных.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

- ➍ Разработка новых параллельных алгоритмов интеллектуального анализа данных для кластерных вычислительных систем с узлами на базе многоядерных ускорителей.
- ➎ Разработка методов интеграции интеллектуального анализа данных в СУБД, использующую в обработке запросов многоядерные ускорители.
- ➏ Проведение вычислительных экспериментов с разработанными методами и алгоритмами на реальных и синтетических данных. Подготовка публикаций в рецензируемых научных изданиях.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Библиотека алгоритмов для интеллектуального анализа данных в свободной СУБД PostgreSQL, которая может использоваться для анализа данных в различных предметных областях.

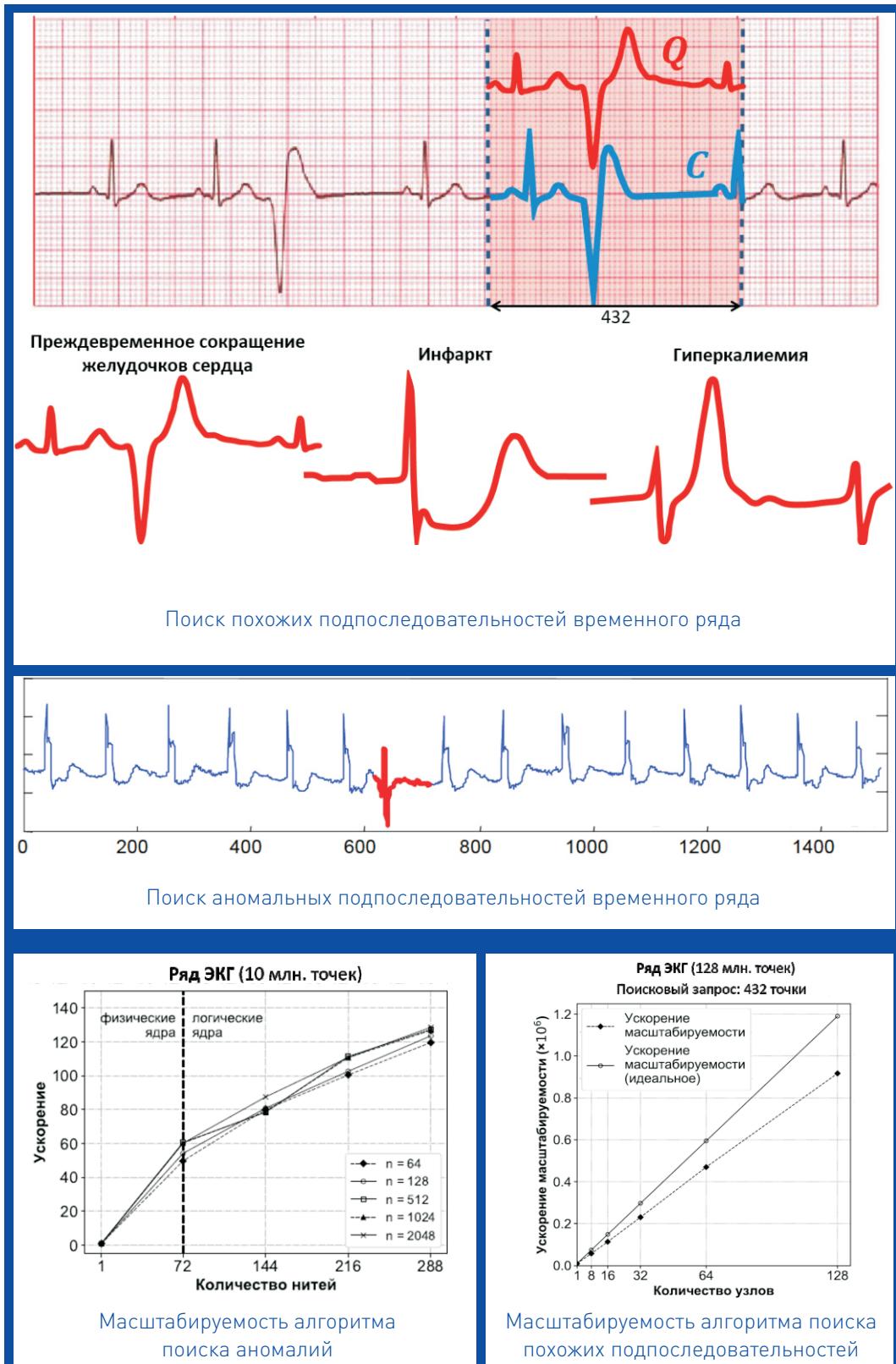
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ- СКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

- Разработан комплекс новых параллельных алгоритмов интеллектуального анализа данных на платформе высокопроизводительных кластеров с многоядерными ускорителями:
  - параллельный алгоритм поиска похожих подпоследовательностей временного ряда;
  - параллельный алгоритм поиска диссонансов (аномальных подпоследовательностей) временного ряда;
  - параллельный алгоритм поиска лейтмотивов (пар наиболее схожих подпоследовательностей) временного ряда;
  - параллельный алгоритм поиска шаблонов;
  - параллельный алгоритм кластеризации данных с шумами и выбросами.

Указанные алгоритмы предполагают использование индексных матричных структур в оперативной памяти, обработка которых распараллеливается и выполняется посредством матрично-векторных вычислительных операций, эффективно векторизуемых компилятором. Проведены вычислительные эксперименты с синтетическими и реальными данными, подтвердившие высокую масштабируемость разработанных алгоритмов.

Разработан новый подход к интеграции алгоритмов интеллектуального анализа данных в реляционную СУБД, предполагающий инкапсуляцию параллельного аналитического алгоритма для многоядерных ускорителей.

Подход позволяет выполнять интеллектуальный анализ данных таблиц внутри СУБД и исключает существенные накладные расходы на экспорт исходных данных и импорт результатов анализа.



# РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ, МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ КОНТЕЙНЕРИЗИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ИСПОЛНЕНИИ ПОТОКОВЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ ЦИФРОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Руководитель проекта – кандидат физико-математических наук Г.И. Радченко

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью проекта является разработка модели облачной платформы для выполнения цифровых двойников для моделирования индустриальных процессов в виде потоков работ.

## ПУБЛИКАЦИИ

6 научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

6 статей в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Разработать модель проблемно-ориентированной облачной вычислительной системы, поддерживающей выполнение «цифровых двойников», основанной на модели Container-as-a-Service (CaaS).
- ➋ Разработать методы и алгоритмы управления ресурсами облачной системы на основе разработанной модели.
- ➌ Разработать алгоритм планирования выполнения потоков работ, который учитывает вычислительные характеристики и неопределенности задач моделирования индустриальных процессов и систем.
- ➍ Реализовать прототип системы планирования вычислительных ресурсов для проблемно-ориентированной облачной системы для поддержки «цифровых двойников», которая применяет предложенные методы и алгоритмы.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

- ➎ Модель облачной вычислительной системы, использующей модель Containeras-a-Service.
- ➏ Проблемно-ориентированный метод управления ресурсами облачной вычислительной системы, использующий модель Container-as-a-Service, выполняющий построение

сценария развертывания контейнеров в облачной системе для выполнения на них задач потока работ моделирования производственных процессов в рамках «умного производства».

- ➐ Проблемно-ориентированный алгоритм планирования потоков работ, учитывающий специфику облачной вычислительной системы и неопределенность вычислительных характеристик задач компьютерного моделирования процессов и систем производства.
- ➑ Экспериментальный образец системы планирования контейнеризированных облачных вычислительных ресурсов, применяющий разработанные методы и алгоритмы планирования и управления ресурсами, обеспечивающий поддержку концепции «цифровых двойников».

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

- ➒ Разрабатываемые методы и алгоритмы могут быть использованы для разработки систем планирования вычислительных задач в гетерогенных распределенных вычислительных средах, с учетом необходимого качества обслуживания (Quality of Service)

- ➊ Разрабатываемый прототип платформы для поддержки цифровых двойников может быть использован в виде полигона для обкатки технологий реализации и поддержки цифровых двойников производственных процессов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

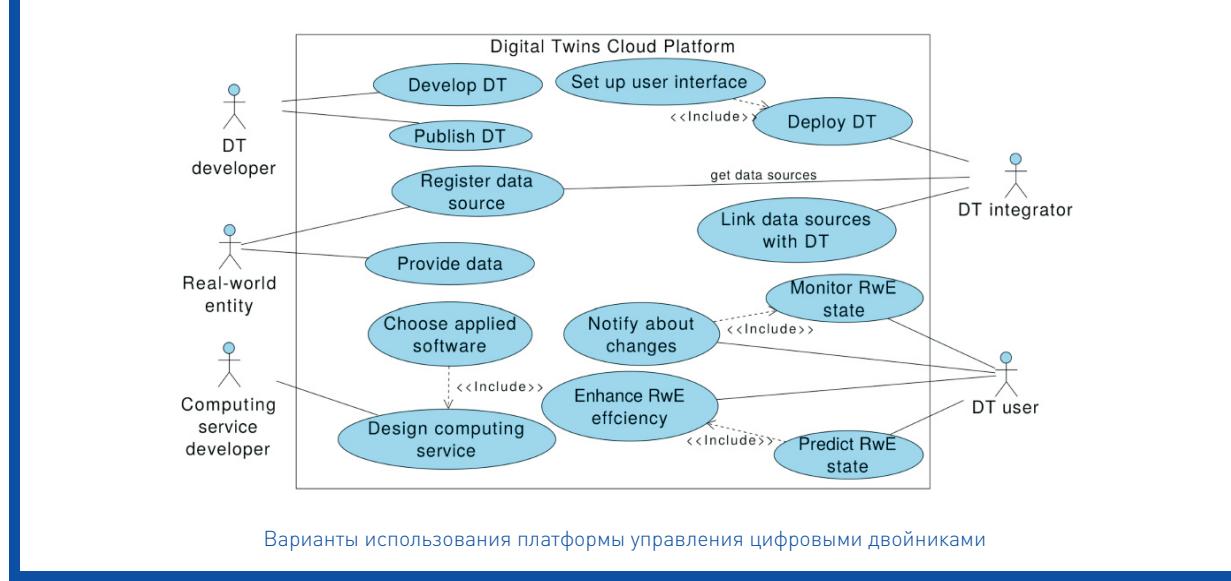
- Проведен анализ существующих решений, методов и алгоритмов в области организации облачных сред, обеспечивающих поддержку концепции «Индустрии 4.0»
- Разработана модель «цифрового двойника» индустриального технологического процесса. Разработана модель облачной вычислительной системы, использующей модель Container-as-a-Service.

- Реализован прототип исполнения «цифрового двойника» в рамках контейнеризированной вычислительной среды.

По проведенным работам подготовлены публикации в рецензируемых научных журналах.

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

- CICESE Research Center [Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada], Ensenada, Mexico



# БЛОКЧЕЙН КАК КОММУНИКАТИВНАЯ ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Руководитель проекта – К.Ю. Никольская

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Установить основные подходы, модели правового и других видов регулирования отношений, возникающих в связи с созданием и использованием технологии блокчейн, а также механизмы оказания воздействия правового регулирования и других регуляторов на технологии блокчейн, установить закономерности правового регулирования технологии блокчейн, а также установить роль технологии блокчейн как коммуникативной основы формирования цифровой экономики в современном обществе.

## ПУБЛИКАЦИИ

4 научных статьи

2 конференции

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

4 статьи в Scopus

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Проведение исследования влияния технологии блокчейн на формирование цифровой экономики.
- ➋ Исследование в области зарубежного регулирования технологии блокчейн.
- ➌ Исследование роли и места правового регулирования технологии блокчейн.
- ➍ Установление места и роли правового регулирования в целом на развитие технологии блокчейн.
- ➎ Установить оптимальную модель регулирования отношений, возникающих в связи с использованием технологии блокчейн, учитывающей сочетание различных регуляторов – правового регулирования.
- ➏ Выявить основные закономерности влияния технических норм, регулирующих цифровые технологии, на правовые нормы, а также обратный процесс.
- ➐ Определить основные риски, угрозы, препятствия и барьеры, оказывающие негативное влияние правового регулирования на развитие технологии блокчейн.
- ➑ Выявить роль технологии блокчейн как коммуникативной основы формирования цифровой экономики в современном обществе.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Разработка масштабируемой системы для проверки подлинности дипломов с использованием технологии блокчейн. Разработанная система позволит внедрять цифровые дипломы на базе различных учебных заведений.

Разработка нормативно-правовой базы для внедрения систем с использованием технологии блокчейн.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 г.

Был разработан прототип системы проверки подлинности дипломов с использованием технологии блокчейн. В ходе реализации проекта были получены конкретные навыки развертывания и создания систем на основе технологии блокчейн. Это позволило определить конкретные технические пункты для дальнейшего регулирования подобных систем.

Например, в ходе реализации прототипа системы был проведен обзор готовых решений для создания системы проверки подлинности дипломов, который показал, что на данный момент существуют только зарубежные аналоги, например, Blockcerts [Blockcerts. [Электронный ресурс]

URL: <https://www.blockcerts.org/> [дата обращения 07.07.2019]], состоящий из библиотек с открытым исходным кодом, инструментов и мобильных приложений. Blockcerts содержит компоненты для создания, выдачи, просмотра и проверки сертификатов в любом блокчейне. Еще одним аналогом можно назвать Exonum [Exonum. [Электронный ресурс] URL: <https://exonum.com/ru/> [дата обращения 07.08.2019]] – это фреймворк для создания блокчейн-проектов. Ядро Exonum написано на языке системного программирования Rust. Расширение Java Binding обеспечивает интерфейсы для разработки приложений на Java. Exonum использует собственную модификацию византийского консенсуса (похожего на PBFT «Реализация протокола задачи византийских генералов» [12 консенсус-протоколов для распределенных систем. [Электронный ресурс] URL: <https://dou.ua/lenta/articles/12-konsensus-protocols/> [дата обращения 07.07.2019]]), чтобы гарантировать, что в любой момент существует только одна согласованная версия блокчейна. Для создания прототипа системы они подходят, однако для внедрения подобных крупномасштабных систем необходимо разработать свое решение, которое можно будет контролировать на государственном уровне.

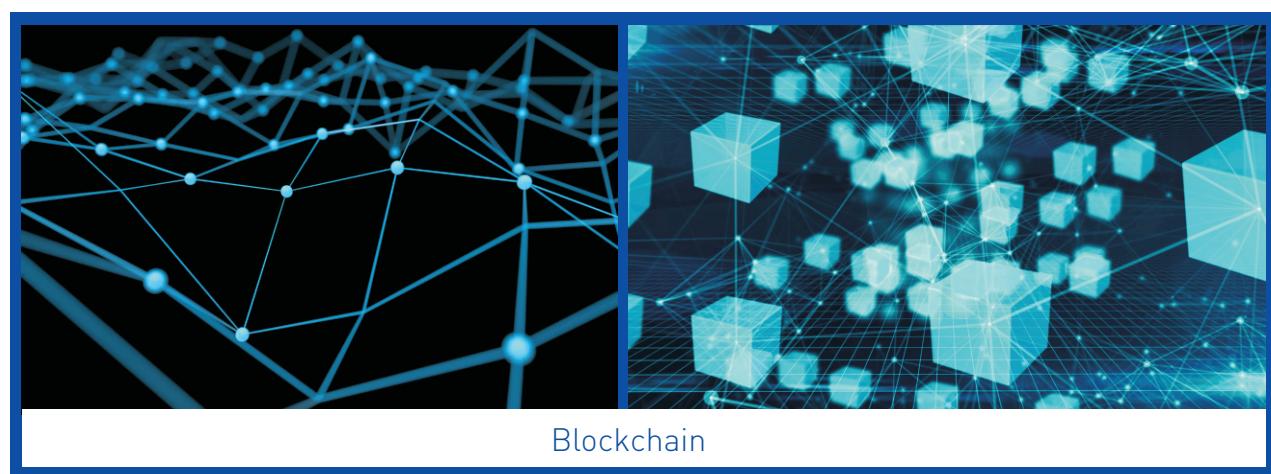
Был проведен обзор для обоснования безопасности носимых мобильных устройств, работающих на технологии блокчейн.

Проведенный обзор в области использования патентного права применяемо к технологии блокчейн показал, что необходимо четко сформулировать

понятия, связанные с технологией блокчейн и раскрыть их суть. Технология блокчейн обладает потенциалом для трансформационных изменений. Как и большинство подобных технологий, разработка и внедрение технологии связаны с проблемами в области защиты интеллектуальной собственности. Так как технология блокчейн применяется во многих программных продуктах с открытым исходным кодом, ее применение поднимает особенно уникальные проблемы в области защиты интеллектуальной собственности. Также было рассмотрено влияние программного обеспечения с открытым исходным кодом.

В результате реализации данного проекта были получены сведения о роли и месте права и других регуляторов в развитии технологии блокчейн.

Например, рассмотрена роль технологии блокчейн в промышленных стандартах; описаны преимущества и недостатки существующих стандартов для их применения в отношении регулирования технологии блокчейн; рассмотрены примеры регулирования технологии блокчейн в различных странах; проведено исследование в области перспективы применения технологии блокчейн для повышения безопасности передачи данных с носимых мобильных устройств, работающих на технологии блокчейн; проведен обзор в области использования патентного права применяемо к технологии блокчейн; рассмотрена роль блокчейна в отраслевых стандартах. Были сформированы основные закономерности правового регулирования на технологию блокчейн и ее развитие, основные механизмы, пути, формы такого воздействия в условиях информационного общества. А также был разработан прототип системы для проверки подлинности диплома с использованием технологии блокчейн, что позволило выявить важные технические моменты, которые необходимо учитывать при разработке стандартов для регулирования технологии блокчейн.



# РАЗРАБОТКА НОВЫХ СПОСОБОВ И ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО И КОНСТРУКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ УГЛЕГРАФИТОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОСРЕДСТВОМ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ФОРМОВАНИЯ

Руководитель проекта – доктор технических наук, профессор М.Н. Самодурова

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Отработка технологических приёмов и создание технологий изготовления деталей технических систем из графитопластовых композиций методом высокоскоростного динамического формования применяемых в реальном производстве для получения продукции, которая по своим потребительским характеристикам существенно превосходит имеющиеся аналоги.

## ПУБЛИКАЦИИ

**23** научных статьи

**13** патентов

**1** докторская диссертация

**4** лицензионных договоров

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

**10** статей в Scopus/  
WoS

**13** статей в РИНЦ

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➲ Доклады, посвящённые результатам работы, на ведущих, наиболее авторитетных международных конференциях.
- ➲ Результаты для подготовки и защиты докторской диссертации и двух кандидатских диссертаций.
- ➲ Более 10 объектов интеллектуальной собственности.
- ➲ Внедрение результатов работ на промышленных предприятиях машиностроительного комплекса РФ приведёт к существенному повышению качества деталей из графитопластовых композиций, что в конечном счёте положительно скажется на качестве машин и механизмов, в состав которых они будут входить, а также повлияет на расширение сферы применения графитовых деталей при изготовлении различного рода машин и механизмов.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Полученные в ходе работы результаты станут важным вкладом в развитие в нашей стране технологий, направленных на использование графита в качестве материала для изготовления деталей машин и механизмов. Проведение планируемых работ прежде всего силами отечественных исследователей в российском исследовательском центре может позволить нашей стране выйти на лидирующие позиции в этой стратегически важной области техноло-

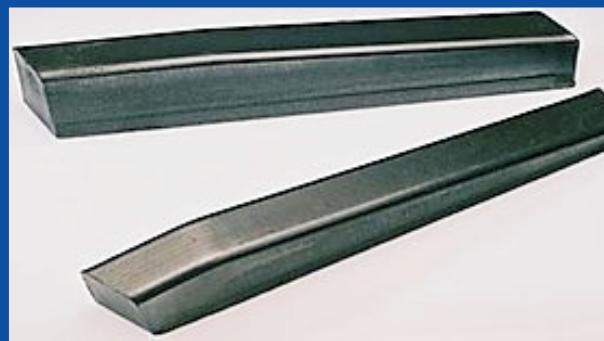
гий. Ключевым преимуществом разрабатываемых решений, которые должны быть востребованы промышленностью, станет существенное снижение стоимости изготовления изделий на основе графитовых композиций, расширенная возможность управления свойствами и составом материала изделий. Указанные обстоятельства позволят расширить сферу применения изделий на основе графита и его композиций в качестве деталей различных технических систем.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

- Проведены работы по совершенствованию конструкции оборудования для высокоскоростного динамического формования.
- Проведены работы по изучению эксплуатационных свойств полученных изделий в условиях регулярной эксплуатации.



Пресс-блок

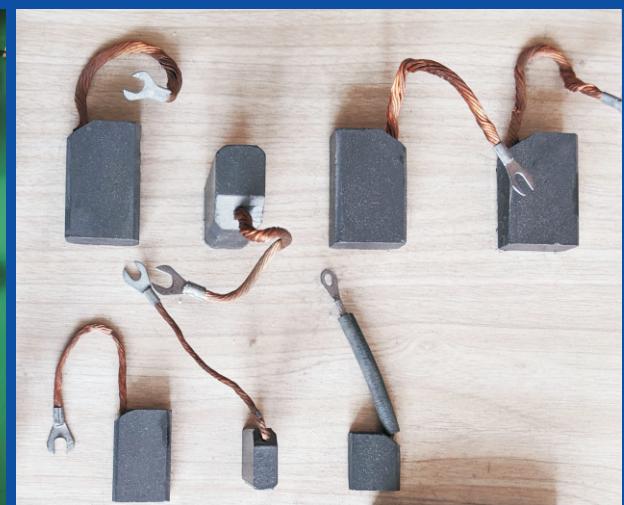


Вставки пантографа трамвая

- Проведены работы по оптимизации параметров процессов приготовления композиций, высокоскоростного динамического формования и последующей термообработки, обеспечивающих оптимальные потребительские характеристики создаваемых изделий.
- Разработан бизнес-план для производства по изготовлению изделий из графитопластовых композиционных материалов.
- Разработаны рекомендации по дальнейшему проведению НИОКР, использующих результаты осуществлённых работ.
- Заключено 3 лицензионных договора с ООО ПКФ «Аверс» о предоставлении прав использования патентов на изобретения «Способ штамповки поковок фланцев воротниковых», «Способ изготовления электрощеток из порошковой графитопластовой композиции» и «Устройство для прессования углеродитовых порошков».

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

- ООО ПКФ «Аверс» (г. Челябинск).



Щётки электрических машин



Вставки токосъёма троллейбуса

# РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ ПОЛУЧЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ ГЕКСАФЕРРИТОВ

Руководитель проекта – доктор технических наук, профессор Г.Г. Михайлов

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование фазовых равновесий, реализующихся в оксидных системах, включающих ферриты бария, а также изучение состава и структуры монокристаллов гексаферритов.

## ПУБЛИКАЦИИ

9 научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

9 статей в WoS/Scopus

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➲ Исследование фазовых равновесий, реализующихся в сложных оксидных системах, включающих ферриты бария, стронция и свинца.
- ➲ Изучение состава, структуры и связанных с ними свойств монокристаллов гексаферритов (включая гексаферриты переменного состава), кристаллизующихся из сложных расплавов исследуемых систем.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➲ Адаптированные алгоритмы термодинамического моделирования фазовых равновесий, реализующихся в ходе процессов кристаллизации ферритов из оксидных расплавов.
- ➲ Экспериментальные данные о равновесных фазовых составах в исследуемых системах.
- ➲ Базы согласованных термодинамических данных, позволяющих адекватно описывать фазовые равновесия в изученных системах.
- ➲ Рекомендации по использованию результатов расчётов в ходе совершенствования процесса выращивания ферромагнитных монокристаллов из оксидных расплавов.
- ➲ Результаты исследования фазовых равновесий планируется представить в виде фазовых диаграмм.

В процессе экспериментальной части исследования, помимо прочего, планируется осуществить комплексное изучение влияния условий образования кристаллов на их состав, структуру и некоторые физические характеристики.

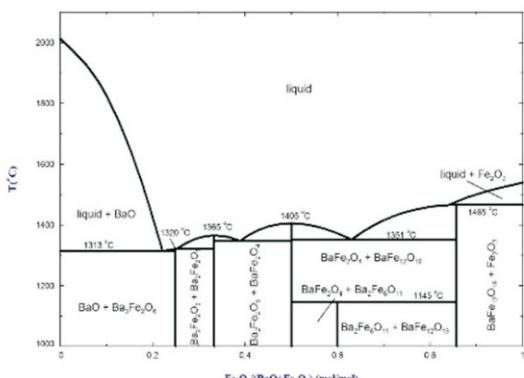
## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В последние десятилетия интерес к гексаферритам возрос благодаря возможности их использования в электронике в виде объемных материалов – в магнитооптике, акустоэлектронике, в качестве сфер для устройств СВЧ-диапазона, в виде тонких пленок – в устройствах хранения и перезаписи информации высокой плотности.

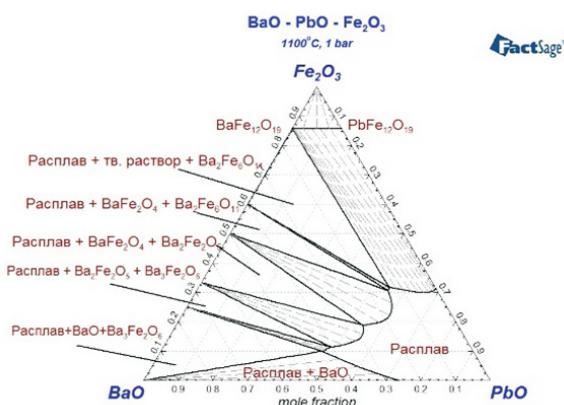
Современная электроника идет по пути миниатюризации, и как следствие – ужесточаются требования к чистоте исходных материалов, а также к возможности оптимизации чистых материалов (кристаллических матриц) под конкретные задачи. Особые возможности по модификации состава, структуры и, как следствие, свойств представляют именно гексагональные ферриты М-типа. Перспективным на настоящий момент времени направлением исследований является создание покрытий и объемных элементов на основе ферритов для летательной техники, бронемашин, кораблей и других объектов, представляющих стратегический интерес, а также материалов для устройств телекоммуникации.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

Результатом исследования на проведённом этапе стала информация фундаментального характера о тройных и четырёхкомпонентных оксидных системах, а также новые данные о методике выращивания монокристаллов гексаферритов из расплава и о свойствах полученных таким образом кристаллов.



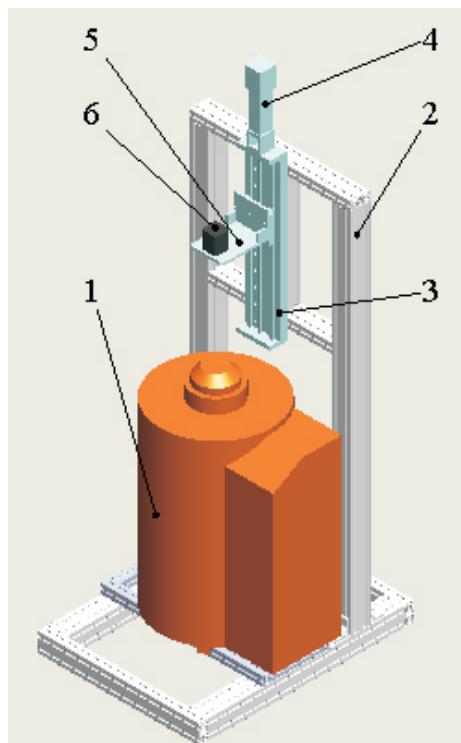
Фазовая диаграмма системы BaO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



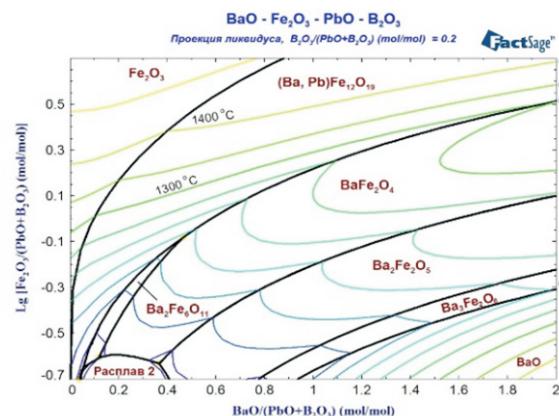
Изотермический разрез фазовой диаграммы системы BaO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-PbO для  $T = 1100^\circ\text{C}$

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

Университет г. Штутгарт (Германия).



Общий вид ростовой установки (1 – шахтная электропечь, 2 – рама установки, 3 – направляющие модуля линейного перемещения, 4 – привод модуля линейного перемещения, 5 – кронштейн вращающегося шагового привода, 6 – вращающийся шаговый привод)



Поверхность ликвидус для фазовой диаграммы системы BaO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-PbO для молярного соотношения  $\text{B}_2\text{O}_3 / (\text{B}_2\text{O}_3 + \text{PbO}) = 0,2$

# МНОГОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА НЕКОВАЛЕНТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА ПРОВОДЯЩИЕ, УПРУГИЕ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Руководитель проекта – доктор химических наук, доцент Е.В. Барташевич

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработать концепцию, направленную на количественное описание и прогнозы проводящих, упругих и катализитических свойств в системах с цепочечной и слоевой организацией нековалентных взаимодействий.

## ПУБЛИКАЦИИ

15 научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

14 статей в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧА ПРОЕКТА

Установление количественных закономерностей в изменениях свойств нековалентных взаимодействий разных типов и выявление их роли в формировании кристаллических структур с 1D-организацией цепей, что является важнейшей структурной составляющей для формирования таких требуемых свойств, как диэлектрическая проницаемость, генерация второй гармоники и влияние на эластические свойства.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Разрабатываемые модели количественной взаимосвязи «структура кристалла – свойство» предназначаются для прогноза и априорной количественной оценки таких свойств, как нелинейно-оптические свойства, способность к генерации второй гармоники, хрупкость или эластичность для планируемых к синтезу новых соединений.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➲ Закономерности взаимосвязи структурных, термических и спектральных свойств новых синтезированных полидиодов производных тиазолов и триазинов с цепочечной организацией и структурно упорядоченными мотивами.
- ➲ Усовершенствованная методология моделирования структурных характеристик многокомпонентной системы на основе пероксида водорода и нитрида углерода с опорой на экспериментальные данные о фотокаталитической активности разложения органических загрязнителей.

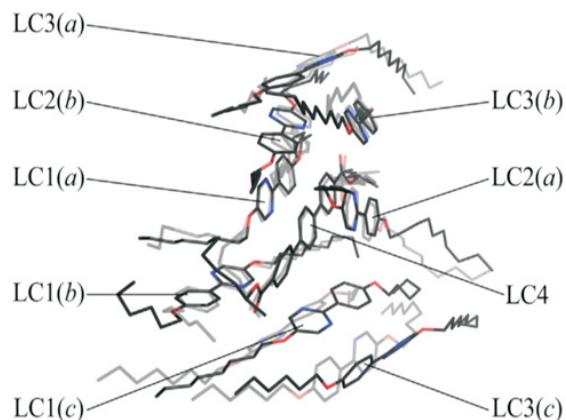
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 г.

- Установлены особенности выделения йода при нагревании и хранении из монокристаллов солей хинолиния и тиазиния с полидиод-анионами различного состава, включая редкий тетрайодид-анион с разупорядоченными атомами [J. Therm. Analys. Calorim. 2019, Crystals 2019]; экспериментальными и расчетными методами охарактеризовано необычное спектральное поведение кристаллического I<sub>2</sub> при низких температурах [J. Phys. Chem. A. 2019]

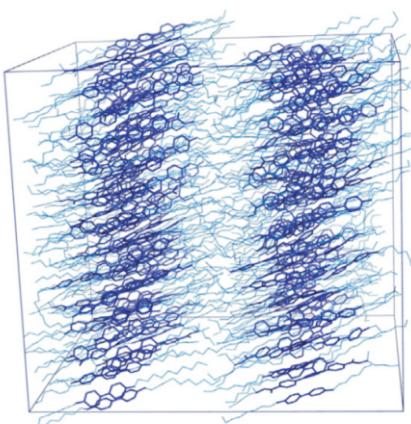
- Изучены релаксационные процессы и температурные зависимости проводимости органических полийодидов с цепочечной организацией галогенных связей йода методом электрохимического импеданса [J. Adv. Dielectr. 2020].
- Теоретическое определение экстремальных величин упругих модулей из расчётного тензора жёсткости кристаллов позволило разработать методологию прогноза механических свойств полиморфных модификаций молекулярных кристаллов.
- На основе моделирования структуры комплексов «субстрат- $C_3N_4\text{-}H_2O_2$ » разработаны прогностические модели для скорости и селективности реакции окисления бензиловых спиртов, эффективно окисляющихся на фотокатализаторе, синтезированном пероксидным методом [ChemCatChem, 2019].

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

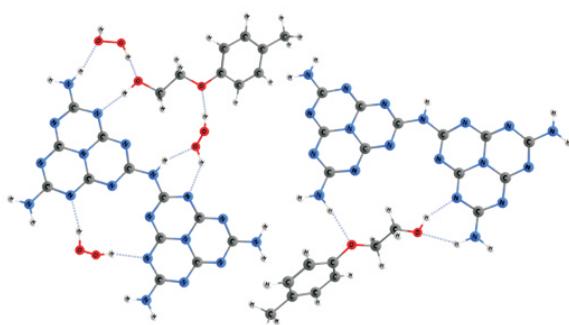
- Университет Овьедо, Испания.
- Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва.



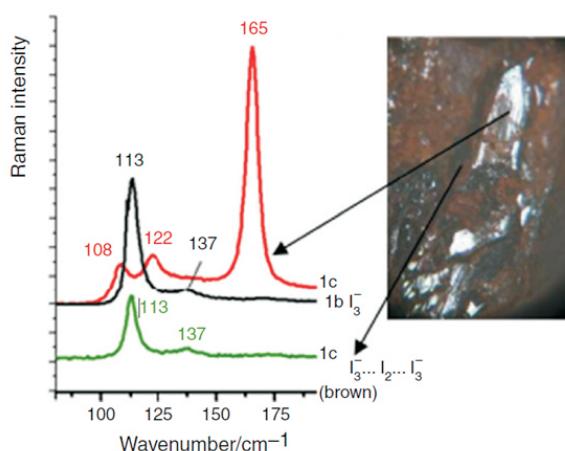
Суперпозиция молекул в модельных фазах, отличающихся поляризацией



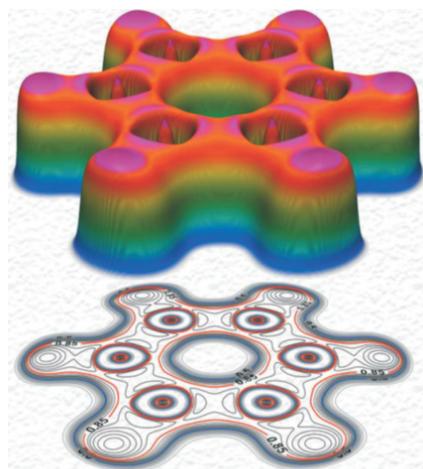
Структурная модель жидкокристаллической фазы, содержащей молекулы с терфенильными фрагментами



Водородные связи субстрата с фрагментами нитрида углерода, допированного пероксидом водорода



Спектры комбинационного рассеяния с различных точек поверхности кристалла тиазолохинолиния полийодида



Индикатор концентрации квантового электронного давления в молекуле бензола

# РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ СИНТЕЗА ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ

Руководитель проекта – доктор химических наук, профессор О.К. Шарутина

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Развитие методов синтеза и установление строения органических соединений сурьмы и висмута, а также комплексов металлов платиновой группы как полупродуктов и материалов с практическими важными свойствами.

## ПУБЛИКАЦИИ

41 научная статья

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

41 статья в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➲ Синтез неизвестных ранее элементоорганических соединений путем использования полифункциональных и полидентатных лигандов.
- ➲ Установление особенностей строения полученных комплексов с привлечением метода рентгеноструктурного анализа.
- ➲ Изучение практически важных свойств соединений: биологической активности, способности к фотокатализу, электрических и оптических свойств.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Результатом исследования методов синтеза элементоорганических и комплексных соединений будут надежные методики, позволяющие получать соединения заданного строения с высоким выходом и высокой степенью чистоты, которые могут быть использованы в научных профильных российских и зарубежных лабораториях. Установление особенностей молекулярных и кристаллических структур вновь синтезированных соединений углубляет теоретические представления о природе химической связи и межмолекулярных взаимодействий, расширяет многообразие структур международного Кембриджского банка данных (CSD) и станут доступны мировому научному

сообществу. Изучение свойств новых соединений существенно раздвинет границы их применения в различных областях химии, в частности, в тонком органическом синтезе, катализе, фармакологии.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Возможность практического использования результатов проекта связана с выявлением биохимической активности полученных элементоорганических соединений, а также фотокаталитической активности комплексов сурьмы при разложении органических соединений, являющихся загрязнителями окружающей среды.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ- СКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

- Синтезированы и структурно охарактеризованы новые комплексы циркония, золота и платины с фосфониевыми и аммониевыми катионами.
- Получены донорно-акцепторные комплексы ацетата родия(II) с координированными молекулами растворителей и трис-4-фторфенилсурьмой.

- По реакции окислительного присоединения получен ряд ранее неизвестных дикарбоксилатов, диоксиматов и диароксидов триарилсурьмы и трифенилвисмута.
- Реакцией деарилирования пентаарилсурьмы Н-кислотами синтезированы новые дикетонаты, карбоксилаты, аренсульфонаты, ароксиды тетраарилсурьмы.
- Установлено, что карбоксилаты тетраарилсурьмы и дикарбоксилаты триарилсурьмы проявляют фотокаталитическую активность при разложении сложных органических соединений. Эффективность фотокатализа

зависит от природы карбоксилатного лиганда и природы арильного радикала.

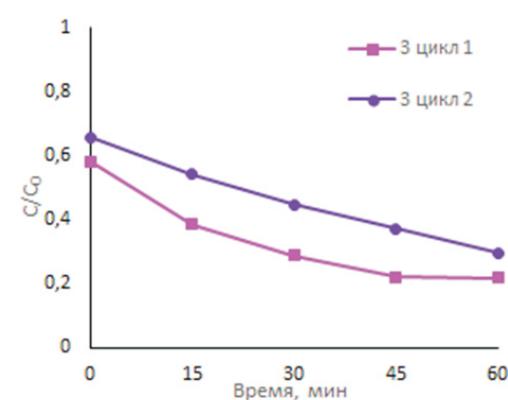
- Синтезировано более 40 неизвестных ранее элементоорганических соединений и комплексов, строение которых установлено методом рентгеноструктурного анализа, структурные данные депонированы в международном банке Cambridge Crystallographic Data Center (CCDC).

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

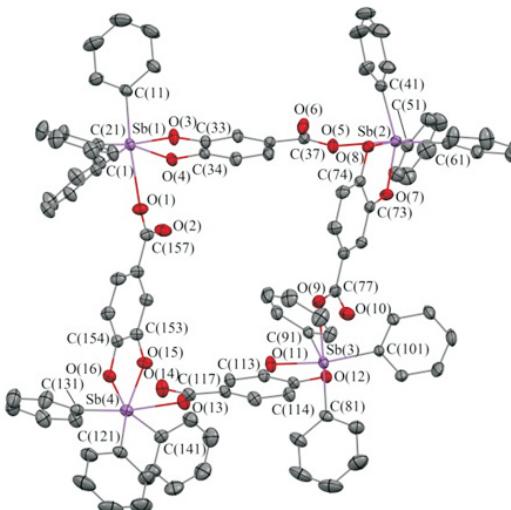
- Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород).
- УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург).



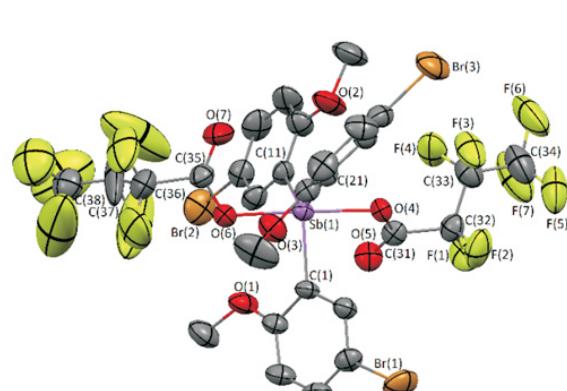
Коллектив научной группы



Фотокаталитическая деструкция метилового фиолетового в присутствии бис(гептафорбутилато)трис[5-бром-2-метоксифенил]сурьмы



Строение тетракис[ $\mu$ 2-3,4-дигидроксо-бензоато-О,О'О'']- тетракис[трифенилсурьмы]



Строение бис(гептафорбутилато)трис[5-бром-2-метоксифенил]сурьмы

# ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНТЕНСИВНЫХ ПОТОКОВ КОРПУСКУЛЯРНОГО И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ НА ОСНОВЕ МИКРО- И НАНОПОРОШКОВ

Руководитель проекта – профессор А.П. Яловец

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка технологии производства композиционных материалов с использованием селективного лазерного сплавления.

## ПУБЛИКАЦИИ

15 научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

15 статей в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ⇒ Экспериментальное исследование технологии получения гетерофазных дисперсных материалов.
- ⇒ Экспериментальное исследование получения металломатричных композитов методом селективного лазерного сплавления.
- ⇒ Экспериментальное исследование свойств покрытий и материалов, полученных методом селективного лазерного спекания.
- ⇒ Экспериментальное исследование стойкости синтезированных материалов к ударным, тепловым и радиационным воздействиям.
- ⇒ Разработка способа нанесения металлического покрытия, обеспечивающего повышенную адгезионную прочность материала пленки с материалом подложки.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ⇒ Создание класса материалов, характеризуемых повышенными эксплуатационными свойствами (твердость, износостойкость, жаропрочность и др.)
- ⇒ Определение оптимальных режимов предварительной обработки поверхности подложки компрессионным плазменным потоком (КПП) и низкоэнергетическим электронным пучком

(НСЭП) для достижения наилучшей адгезии материала пленки с материалом подложки.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В ходе проекта будет создана универсальная технология, позволяющая получать композиционные порошки для аддитивных технологий. Предложенный подход в перспективе позволит получать широкий спектр композиций для производства ответственных изделий методом селективного лазерного сплавления. Различные сочетания матричного материала и армирующей фазы позволят изготавливать изделия с повышенной прочностью, твердостью, износостойкостью, жаропрочностью и др. Результаты могут быть применены в различных отраслях промышленности: аэрокосмической, автомобилестроении и др.

КПП и НСЭП являются эффективным инструментом по улучшению эксплуатационных свойств различного рода материалов. Данные технологии могут быть использованы для создания гетерогенных микропорошков, различного рода покрытий конструкционных материалов. Получены экспериментальные данные, свидетельствующие о значительно более высоких эксплуатационных характеристиках созданных на основе новых технологий материалов в сравнении с традиционными технологиями.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

- ☒ Разработка способа создания гетерофазных частиц сферической формы.

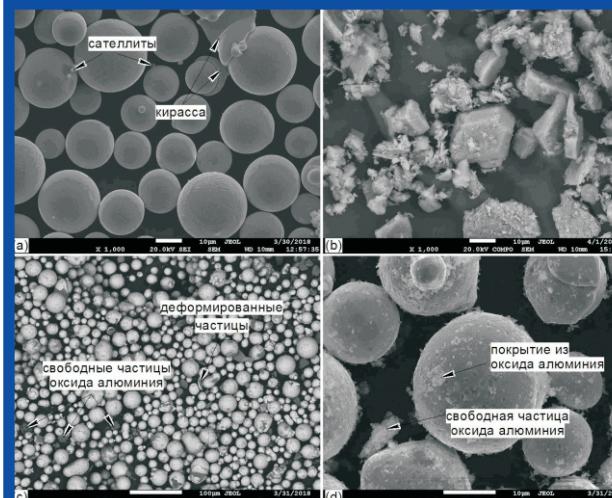


Рис. 1. а) исходный порошок сплава ЭП648; б) исходный порошок оксида алюминия; в) композиционный порошок ЭП648- $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; г) структура композиционного материала ЭП648- $\text{Al}_2\text{O}_3$ , полученного методом селективного лазерного сплавления

- ☒ Разработка методики определения стойкости синтезированных композиционных материалов к различного рода воздействиям.
- ☒ Компьютерное моделирование показало, что радиационная обработка увеличивает адгезию материала пленки за счет увеличения шероховатости поверхности подложки и за счет уменьшения остаточных напряжений на границе пленка – подложка. Данный вывод подтвержден экспериментальными исследованиями.

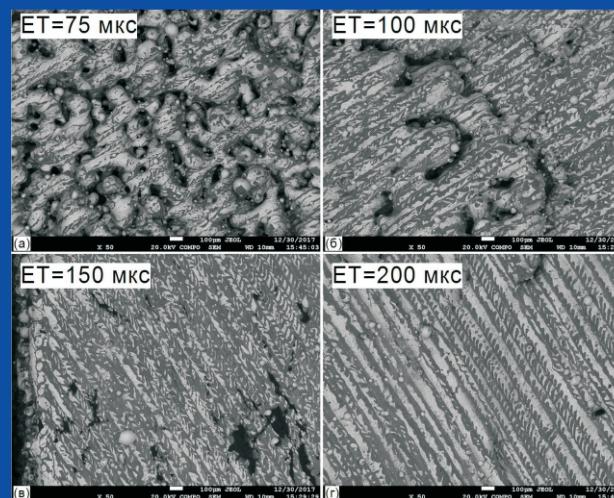
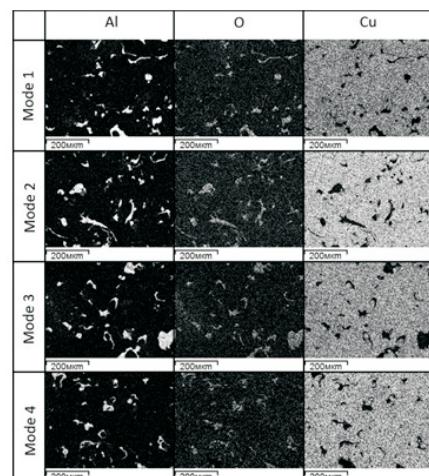


Рис. 2. Изображения поверхностей образцов композита ЭП648- $\text{Al}_2\text{O}_3$ , выращенных при различных временах плавления одной точки (ET - exposure time):  
а) ET=75 мкс; б) ET=100 мкс; в) ET=150 мкс; г) ET=200 мкс



Фотография рабочей камеры установки РИТМ-М в процессе создания покрытия на этапе магнетронного напыления



Результаты химического картирования композиционного материала М1/ $\text{Al}_2\text{O}_3$

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

# РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕОРИИ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ И УПРОЧНЕНИЯ СПЛАВОВ ЖЕЛЕЗА С ХРОМОМ НА БАЗЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ АТОМОВ ПРИМЕСЕЙ И ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ МЕТОДАМИ МНОГОМАСШТАБНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЕЁ ПРИЛОЖЕНИЕ К РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ СПЛАВОВ

Руководитель проекта – доктор физико-математических наук,  
профессор Д.А. Мирзаев

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Проведение многомасштабного моделирования железо-хромистых сплавов с целью выяснения важных аспектов фазовых превращений, структуры, прочности и охрупчивания и создания на этой основе методов прогнозирования поведения сплавов и формирования их свойств при термической обработке.

**ПУБЛИКАЦИИ**

**10** научных статей

**2** кандидатские диссертации

**ИНДЕКСИРОВАНИЕ**

**5** статей в Scopus

**5** статей в РИНЦ

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ⇒ Первопринципные расчёты энергии растворения фосфора в железо-хромистых сплавах и его взаимодействия с дефектами решётки — границами зёрен.
- ⇒ Исследование влияния небольших количеств дополнительных легирующих элементов на свойства железо-хромистых сплавов.
- ⇒ Разработка новых режимов термической обработки комплекснолегированных хромистых сталей для производства труб нефтегазовой промышленности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ⇒ Создана усовершенствованная теория превращения аустенита в диффузионной и мартенситной областях, отличающаяся от существующих рядом принципиальных моментов. Разработана модель кинетики превращения аустенита в феррито-карбидную структуру (перлит) в высокоуглеродистых сплавах на железо-хромистой основе, созданная на тех же теоретических положениях. Это позволило провести количественные расчёты С-образных диаграмм распада аустенита, являющихся основой для выбора режимов термообработки стали в промышленности.
- ⇒ Создана модель, связывающая структурный состав железо-хромистых сплавов с их твёрдостью,

что делает возможным обоснованно подбирать расчётным путём составы сплавов и режимы их термической обработки в зависимости от конкретных технических требований.

- ⇒ На основе полученных результатов разработаны новые режимы термической обработки комплекснолегированных хромистых сталей типа 15Х13Н2 для производства труб нефтегазовой промышленности. Разработаны две технологии термообработки, обеспечивающие требуемый комплекс прочности и ударной вязкости KCV<sup>60</sup>.

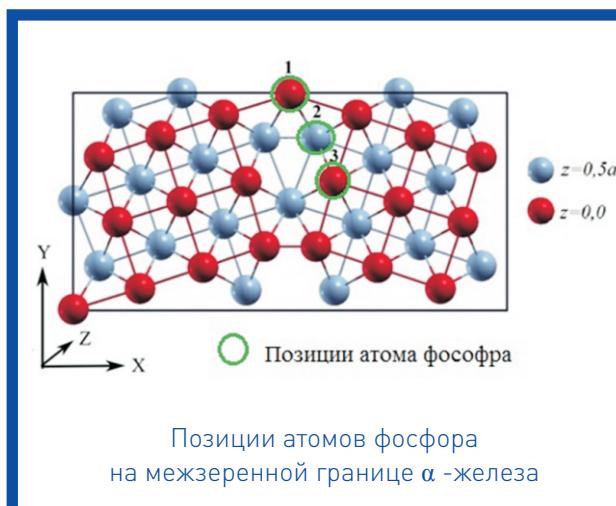
## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Результаты проекта могут быть использованы для разработки методик реалистичного расчёта диаграмм превращений в различных температурных областях, на основе которых могут подбираться составы промышленных сплавов и назначаться режимы их термической обработки, в том числе для высокохромистых трубных сталей, применяемых в нефтяной и газовой промышленности. Разработанные новые режимы термической обработки дают возможность получения высокого комплекса механических свойств (прочности и вязкости) высокохромистых сталей типа 15Х13Н2 для производства труб нефтегазовой промышленности без применения термомеханической обработки, что важно для многих трубопрокатных заводов Российской Федерации.



# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 г.

- Комплексом суперкомпьютерных расчётов «из первых принципов» выяснено поведение атомов фосфора в железо-хромистых сплавах и их взаимодействие с другими легирующими примесями и границами зёрен. Фосфор является вредной примесью, приводящей к охрупчиванию сталей, и его содержание строго контролируется. Уже много лет известно, что характерная хрупкость стали, содержащей фосфор, усугубляется присутствием марганца или хрома. К настоящему времени складывается точка зрения, что добавление углерода в сталь подавляет межзеренное охрупчивание по двум причинам: 1) за счет повышения когезии межзеренных границ сегрегированными атомами углерода; 2) благодаря вытеснению атомов фосфора с межзеренных границ вследствие конкуренции за поверхностные узлы. Отметим, однако, что проблема влияния примесей замещения на сегрегацию фосфора и связанная с этим проблема охрупчивания сталей все еще далека от решения. Поэтому результаты первопринципного моделирования представляют большой интерес и позволяют оценить влияние примесей хрома на растворение Р в  $\alpha$ -железе в объеме и на границе зерна, а также получить представление о взаимодействиях между атомами указанных элементов. Были рассчитаны энергии взаимодействия атомов фосфора и хрома как в объеме, так и на поверхности зерен, и показано, что указанные атомы во всех случаях отталкиваются друг от друга, повышая при этом энергию растворимости друг друга. Фосфор практически во всех положениях на межзеренных границах обладает положительной энергией когезии, то есть является охрупчивателем для данных границ, тогда как хром имеет отрицательное значение энергии когезии для всех рассматриваемых границ, а значит, усиливает межатомные связи на границе зерна.
- Полученная на предыдущих этапах проекта модель кинетики превращений расширена благодаря учёту влияния небольших количеств других элементов, встречающихся в промышленных сплавах (Mo, W, V, Ni, Mn).



В частности, экспериментально показано, что марганец имеет коэффициент распределения между  $\gamma$ -фазой и карбидом  $[\text{Cr}, \text{Fe}]_3\text{C}$  около 1,0, поэтому проявляет двоякое влияние на превращения аустенита. Путём расчётов в современном термодинамическом программном пакете «FactSage» показано, что в широком диапазоне концентраций хрома и углерода добавление молибдена в количестве до 4 % не приводит к образованию карбидов типа  $(\text{Fe}, \text{Cr}, \text{Mo})_6\text{C}$  или  $\text{Mo}_2\text{C}$ , что облегчает дальнейший анализ влияния молибдена на кинетику растворения и выделения карбидов в четырёхкомпонентных сплавах  $\text{Fe}-\text{Cr}-\text{Mo}-\text{C}$ .

На основе полученных результатов разработаны новые режимы термической обработки комплексно-легированных хромистых сталей типа 15Х13Н2 для производства труб нефтегазовой промышленности. Для обеспечения требуемого комплекса прочности и вязкости этой стали требуется термомеханическая обработка, реализовать которую на прокатных станах многих трубопрокатных заводов, в том числе Челябинского, не удается. С целью достижения необходимых свойств труб в рамках проекта были разработаны две технологии термообработки, обеспечивающие требуемые свойства. В одной из них разработан (совместно с научной группой С.В. Рущица) метод увеличения количества мягкого и пластичного аустенита (стабилизации  $\gamma$ -фазы) за счёт промежуточной низкотемпературной выдержки не превратившегося полностью аустенита и возникшего мартенсита. Стабилизация возникает в результате диффузии углерода из  $\alpha$ - в  $\gamma$ -фазу, что снижает мартенситную точку. Увеличение количества остаточного аустенита обеспечивает требуемую величину  $KCV^{50}$  и пластичности (относительного удлинения  $\delta$ ), но прочностные свойства оказываются столь высокими, что сталь можно даже перенести в более высокий класс прочности.

Второй вариант термообработки включает простую закалку от 1050–1100 °C с охлаждением на воздухе, межкритическую закалку от 730 °C, и два последовательных отпуска: 650 °C, 2 ч и 630 °C, 40 мин. В итоге сталь приобретает исключительно высокую ударную вязкость  $KCV^{50} = 200 \text{ Дж}/\text{см}^2$  при достаточной прочности 750 МПа.

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

- ПАО «Челябинский трубопрокатный завод» (к.т.н. А.Н.Маковецкий) (г. Челябинск).



Термическая обработка труб из стали 15Х13Н2

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ХРУПКОЙ И КВАЗИХРУПКОЙ ПРОЧНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С КОНЦЕНТРАТОРАМИ НАПРЯЖЕНИЙ ТИПА ДВУГРАННЫЙ УГОЛ

Руководитель проекта – доктор технических наук, профессор С.Б. Сапожников

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Развитие подходов механики разрушения и получение новых сведений о процессе разрушения сварных конструкций путем совершенствования аппарата прочностных расчетов, применяемого при создании перспективных видов вооружения, военной и специальной техники, в трубной отрасли и для решения проблем защиты околоземного пространства.

## ПУБЛИКАЦИИ

2 научные статьи

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

2 статьи в Scopus

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➲ Экспериментальная и расчетная оценка напряженно-деформированного состояния элементов сварных конструкций с острыми концентраторами напряжений при изгибе.
- ➲ Экспериментальная и расчетная оценка кратковременной прочности образцов из пластичного материала с U- и V-образными острыми надрезами.
- ➲ Оценка предельной нагрузки сварных соединений высокопрочных сталей с учетом их механической и геометрической неоднородности.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Практическими результатами работы будет методика для расчета прочности элементов сварных конструкций при наличии механической и геометрической неоднородности сварных соединений.

Научные результаты смогут быть использованы для проведения прочностных расчетов при наличии острых концентраторов напряжений типа двугранный угол для сварных конструкций, а также механической неоднородности.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

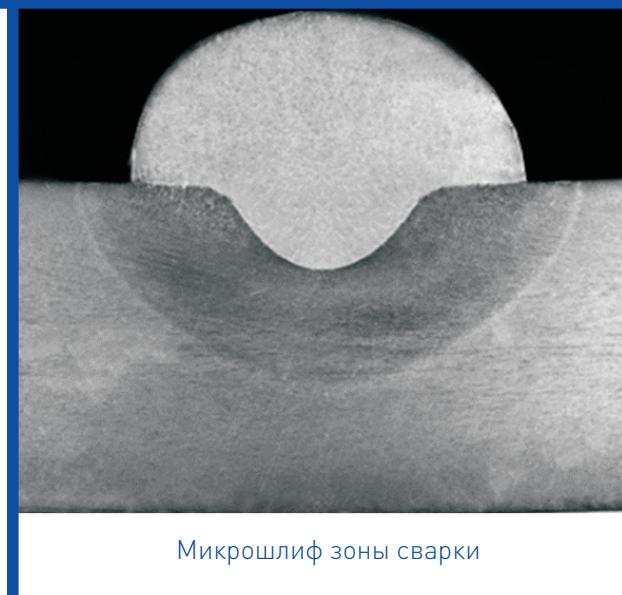
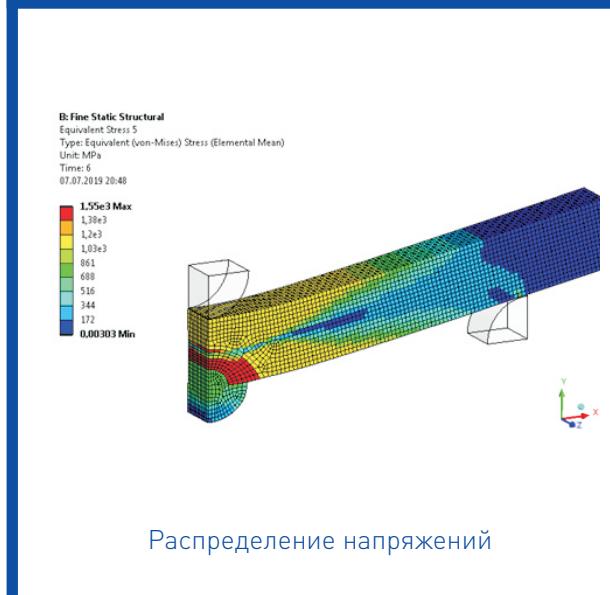
Практическое применение результатов – повышение надежности расчетных оценок статической прочности сварных конструкций в областях авиационной и космической техники, корабельных конструкций, наземного и трубопроводного транспорта. Результаты могут использоваться при разработке классификаторов дефектов сварных соединений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

- Сварное соединение можно в расчётах напряженно-деформированного состояния за пределами упругости заменить конструкцией из трех участков с различными пределами текучести в них.
- Вдавливая алмазную пирамиду Роквелла в сталь и измеряя диаметр отпечатка и твердость HS, можно определить предел текучести  $\sigma_t$  материала в зоне индентирования, считая материал идеально упругопластичным.

тическим. Расчёт процесса индентирования с помощью МКЭ показал, что  $\sigma_t \sim 0,418HS$ .  
 Предельную нагрузку при изгибе сварного соединения можно получить расчётом МКЭ с учетом конфигурации участков и значений пределов текучести материалов в них, полученных по измерениям твердости. Ошибка прогноза предельной нагрузки не превысила 2 %.

- Частичное снятие наплавленного металла не приводит к росту предельной нагрузки сварного соединения при использовании сварочной проволоки из малоуглеродистой высокопластичной стали. Более того, происходит снижение прочности на 4–5 %. При полном снятии усиления шва возможно образование трещин в ЗТВ.



# НОВЫЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Руководитель проекта – кандидат химических наук И.В. Кривцов

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение новых высокоеффективных катализаторов для направленного протекания промышленно значимых химических реакций.

## ПУБЛИКАЦИИ

12 научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

10 статей в Scopus/  
WoS

2 статей в РИНЦ

## ЗАДАЧА ПРОЕКТА

Получить композитные фотокатализаторы, имеющие необходимые характеристики для применения в промышленных масштабах.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➊ Закономерности протекания фотокаталитических процессов в зависимости от свойств и строения субстратов, поверхностных и морфологических свойств катализатора.
- ➋ Новые фотокатализаторы для направленного окисления химических соединений, в том числе полной деструкции стойких органических веществ.
- ➌ Технологии импортозамещения в синтезе фотокатализаторов, имеющих высокие характеристики и возможность применения для крупных промышленных производств.
- ➍ Технологии очистки воды от стойких органических загрязнений.
- ➎ Улучшение экологичности metallургических производств, использующих коксохимические технологии.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Полученные материалы будут испытаны в лабораторной установке по очистке воды от загрязнений коксохимических производств – фенолов и цианидов. Результаты планируется использовать для технологической воды коксохимических производств ПАО «ММК» и ПАО «Мечел». При положительных результатах планируется распространить разработку на другие металлургические предприятия.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ- СКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 г.

Размер частиц существующих коммерчески доступных фотокатализаторов слишком мал для применения его в промышленных целях и составляет 50...70 нм. Нами предложена методика получения крупных частиц силикагеля, насыщенных наночастицами фотокатализатора. Частицы силикагеля могут иметь размеры до 2 мм, что

позволяет их легко извлекать из очищенной воды. Фотокаталитически активные наночастицы ( $\text{TiO}_2$ , г- $\text{C}_3\text{N}_4$ ) заключены в матрицу силикагеля, и их размер может быть уменьшен до 5...10 нм, что позволяет увеличить их фотокаталитическую активность и предотвратить агрегацию.

Синтез высокоактивного фотокатализатора осуществляется по разработанным ранее методикам, дающим наибольшие возможности управления

структурообразованием. Получение гранулированного крупнопористого силикагеля, насыщенного наночастицами  $\text{TiO}_2$ , осуществляли по следующей схеме:

- 1) получениеnanoструктурированного  $\text{TiO}_2$ ;
- 2) получение золя  $\text{SiO}_2$ ;
- 3) насыщение золя  $\text{SiO}_2$  наночастицами  $\text{TiO}_2$ ;
- 4) гранулирование смешанного фотокатализатора.

Диспергирование золя  
Сформированные частицы  
Созревшие частицы

Золь  $\text{SiO}_2$ , с наночастицами фотокатализатора диспергируют в гидрофобную среду и выдерживают для созревания

$\times 60$  20.0kV SEI 100µm JEOL 5/23/2019  
 $\times 3,000$  20.0kV SEI 1µm JEOL 5/23/2019

Полученные частицы фотокатализатора  
Образцы имеют крупные размеры, близкую к сферической форме и крупные поры

a b v

Колбы с водой, содержащей краситель – метиленовый синий – в УФ-облучателе.  
В колбе слева нет фотокатализатора, в колбе справа добавлен фотокатализатор.  
а) до начала облучения, б) через 20 минут после облучения, в) через 30 минут после облучения

Национальный  
исследовательский  
университет  
  
 Южно-Уральский  
государственный  
университет  
1943

47

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ГРАДИЕНТНО-УПРОЧНЕННЫХ ЛИТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НУЖД РЕСУРСО-ДОБЫВАЮЩИХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Руководитель проекта – кандидат технических наук, доцент А.Н. Аникеев

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка научных и технологических основ создания металлокерамических материалов, полученных путем введения в кристаллизующийся расплав дисперсных частиц карбидов.

## ПУБЛИКАЦИИ

3 научные статьи

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

3 статьи в Scopus/WoS

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Проведение термодинамического моделирования взаимодействия дисперсных частиц с металлами различного состава в присутствии различных веществ, используемых при получении литых деталей.
- ➋ Выявление условий взаимодействия формируемого слоя частиц с металлическим расплавом в зависимости от типа атмосферы (восстановительная, окислительная, вакуум).
- ➌ Выявление закономерностей изменения микроструктур получаемых материалов в части определения толщин формируемого и переходного слоя.
- ➍ Выявление зависимостей получаемых свойств градиентных литых материалов от типа и дисперсности частиц, составов расплава, толщины получаемого слоя.
- ➎ Математическая обработка экспериментальных результатов с целью выявления уровня тесноты связей и уровня влияния различных типов частиц на свойства получаемых материалов различного состава.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Результатом работы станут новые данные, позволяющие разработать

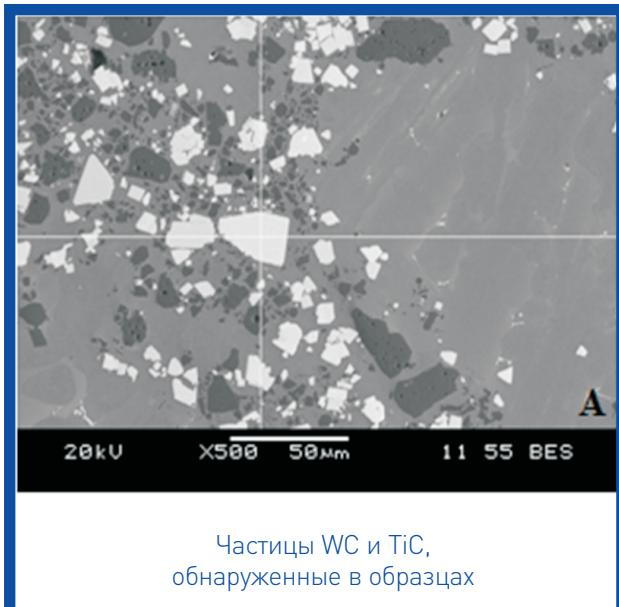
экономически эффективную технологию создания градиентных литых материалов. Данная технология позволит получать новые материалы с высокими механическими свойствами и повышенным ресурсом работы, предназначенные для нужд ресурсо-добывающей отрасли, предприятий военно-промышленного комплекса. Производством материалов для данных отраслей промышленности занимается множество предприятий металлургической и машиностроительной отрасли, расположенных по всей стране, поэтому после завершения проекта и получения новых данных будет возможна будет интеграция технологии практически в каждое из этих предприятий.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Результаты проекта будут возможны к применению во всех отраслях промышленности, где требуются повышенные механические, износостойкие, теплофизические и другие свойства. Полученные данные станут основой для технологии производства материалов с уникальными задаваемыми свойствами, востребованными различными отраслями промышленности. Полученные результаты будут востребованы данными предприятиями долгое время, поскольку предлагаемая технология сможет заметить значительную часть материалов, поставляемых из других стран.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

- Зависимости свойств градиентных литых материалов от типа и дисперсности частиц, составов расплава, толщины получаемого слоя.
- Математическая обработка экспериментальных результатов и выявление уровней тесноты связей и уровня влияния различных типов частиц на свойства получаемых материалов различного состава.
- Анализ и корректировка полученных данных, корректировка, проведение дополнительных исследований.



Частицы WC и TiC,  
обнаруженные в образцах

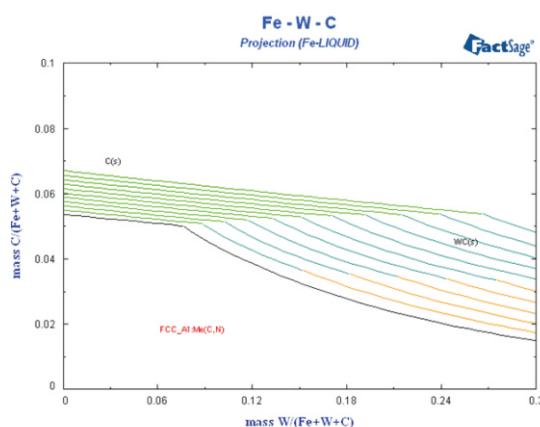


Диаграмма состояния системы Fe-W-C,  
построенная в базе FSStel

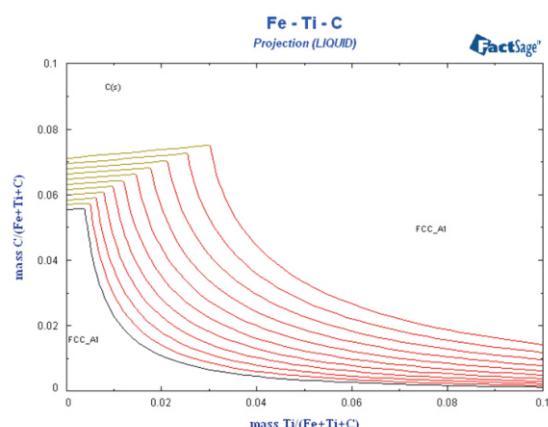
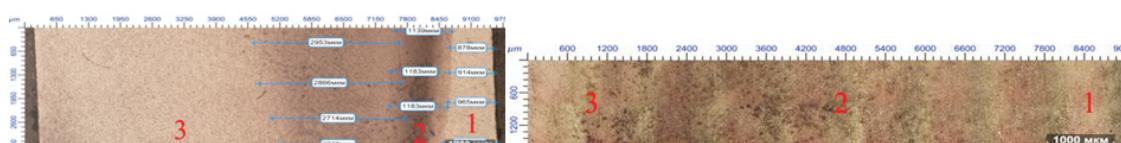
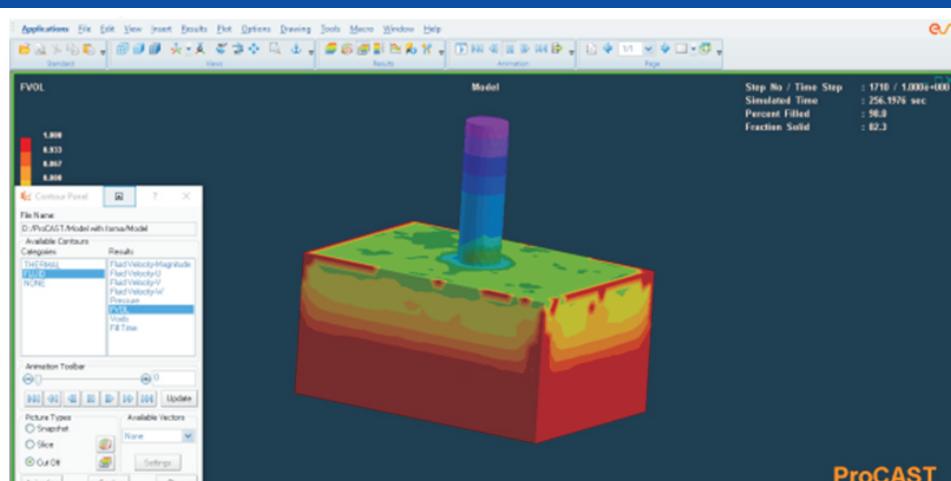


Диаграмма состояния системы Fe-Ti-C,  
построенная в базе SGTE



Панорамы полученных образцов после обработки давлением (а) и термической обработкой (б)



Кристаллизация металла в форме в категории FLUID

# РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВА БЕССВИНЦОВЫХ ВН-СОДЕРЖАЩИХ ЛЕГКООБРАБАТАВАЕМЫХ СТАЛЕЙ

Руководитель проекта – доцент А.В. Рябов

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка составов и стабильных технологий производства нового класса экологически безопасных легкообрабатываемых сталей.

## ПУБЛИКАЦИИ

2 научные статьи

2 патента

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

2 статьи в Scopus/WoS



## ЗАДАЧА ПРОЕКТА

Реализация проекта обеспечит получение новых экологически чистых легкообрабатываемых марок стали, которые используют для повышения производительности металлорежущих станков; для экономии режущего инструмента; для получения высокой чистоты поверхности; для повышения скорости резания; для механизации процесса уборки стружки без значительного увеличения количества использования легирующих элементов, а также использования специфического дорогостоящего оборудования.

- ➲ Экспериментальные лабораторные образцы альтернативных легкообрабатываемых сталей.
- ➲ Предложения и рекомендации по производству альтернативных автоматных сталей.
- ➲ Изучение влияния конструктивных и технологических факторов на усвоение легирующих элементов и их распределения в стали.
- ➲ Изучение влияния нитридов бора на качество стали.
- ➲ Анализ загрязнённости рабочей зоны.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Легкообрабатываемые стали применяются при обработке стали резанием на станках-автоматах в машиностроении.

За рубежом данные исследования будут востребованы в странах с развитым автомобилестроением: Японии, США, странах Евросоюза (Германия, Италия, Франция, Англия и другие), Китае, Южной Корее и ряде других.

В Российской Федерации заинтересованность в получении более экологически чистых легкообрабатываемых сталей проявляют АО «АвтоВАЗ», ПАО «КАМАЗ», группа «ГАЗ» и другие предприятия.

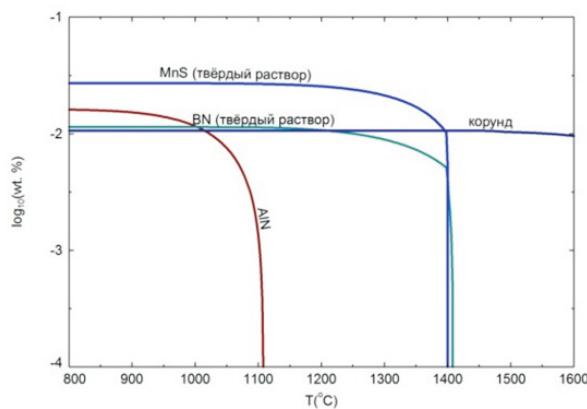
## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➲ Термодинамические характеристики систем, необходимые для прогнозирования качества и обрабатываемости альтернативных легкообрабатываемых сталей.
- ➲ Новый класс легкообрабатываемых марок стали.
- ➲ Технология производства альтернативных сталей повышенной обрабатываемости на предприятии.

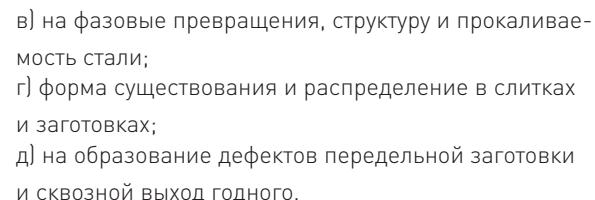
# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

5100

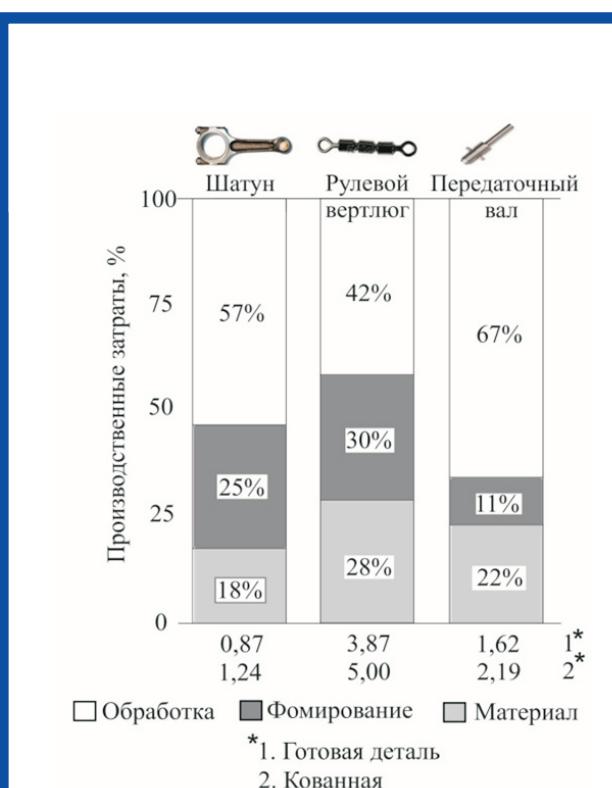
- Изучение влияния нитридов бора на качество и служебные свойства стали:  
а) на обрабатываемость стали;  
б) на механические свойства стали;



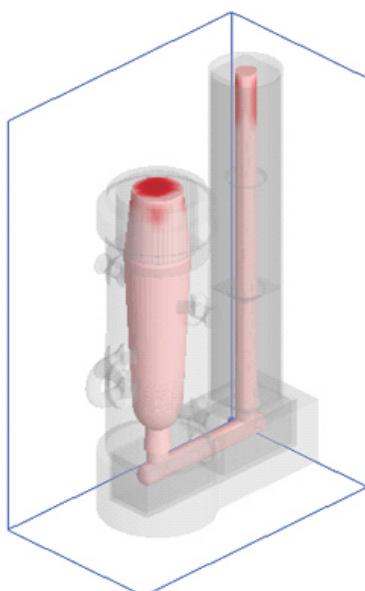
## Моделирование кристаллизации стали 45



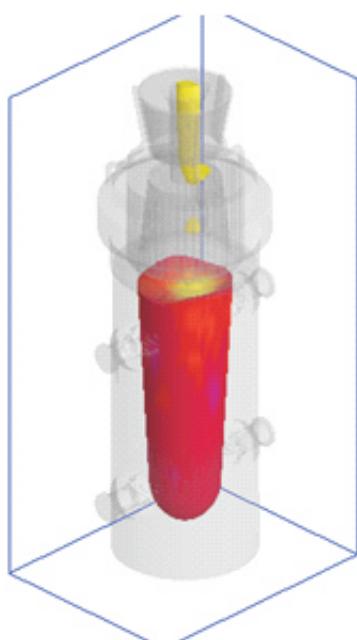
- Сравнительный анализ загрязнённости рабочей зоны.
  - Окончательный отчёт по НИР.



## Производственные затраты



#### Кристаллизация стали А30ХМАР



## Моделирование разливки сверху стали А30ХМАР

# НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФОТОНИКИ И СПИНТРОНИКИ НА ОСНОВЕ ХАЛЬКОГЕНАЗИЛЬНЫХ ГЕТЕРОЦИКЛОВ

Руководитель проекта – доктор химических наук, профессор О.А. Ракитин

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Построение неизвестных ранее структур на основе гетероциклических систем, содержащих атомы халькогена (кислорода, серы или селена) и азота, которые могут представить интерес для получения конкретных материалов, обладающих полезными свойствами для использования в технике и в биомедицине.

## ПУБЛИКАЦИИ

2 научные  
статьи

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

2 статьи  
в Scopus/WoS

## ЗАДАЧА ПРОЕКТА

Проектом предусматривается синтез 1,2,5-оксадиазолов, 1,2,5-тиадиазолов и 1,2,5-селенадиазолов, конденсированных с бензолом, пиридином или пиридазином, наработка конкретных образцов и создание на их основе молекулярных, наноразмерных материалов, таких как сенсибилизованные красители солнечные ячейки Гретцеля, фотохимические системы с объемным гетеропереходом, новые типы фотоиспускающих систем во флуоресцирующих органических красителях и органических светоизлучающих диодах, полупроводниках и фотопроводниках, а также спиновые транзисторы и наноразмерные ячейки памяти.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Для поиска молекул конденсированных 1,2,5-халькогенадиазолов (халькоген = O, S, Se), обладающих наименьшей разницей энергий между высшей занятой молекулярной орбиталью (ВЗМО) и низшей свободной молекулярной орбиталью (НСМО), методами *ab initio* и DFT будет проведен расчет ряда гетероциклических систем (в качестве модельных), в которых эти циклы выполняют роль связующего мостика между двумя донорными остатками или донорной и акцепторной частями молекул.

На основе 4,7дибром[1,2,5]халькогенадиазоло[3,4-*c*]пиридинов и родственных им соединений будет проведен синтез молекул типа донор-акцептор-спейсер-акцептор – компонентов сенсибилизованных красителем солнечных элементов и донорных компонентов для фотовольтаических ячеек с объемным гетеропереходом, синтез молекул типа донор-акцептор-спейсер-донор – флуоресцирующих органических красителей и получение молекул типа донор-спейсер-акцептор-спейсер-донор – органических светоиспускающих диодов.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Повышенный интерес к функциональным материалам на основе органических полупроводников обусловлен следующими причинами: относительно простые условия синтеза органических компонентов, не требующие сложного оборудования, и, как следствие, низкие удельные затраты на приготовление материалов, высокая степень химической модифицируемости компонентов для оптимизации свойств. Кроме того, диапазон полезных свойств органических полупроводников гораздо шире, чем у неорганических аналогов. Все это в совокупности способствует замещению неорганических материалов в физических приборах на органические, что уже привело к созданию дисплеев сверхвысокого разрешения и фотовольтаики третьего поколения.

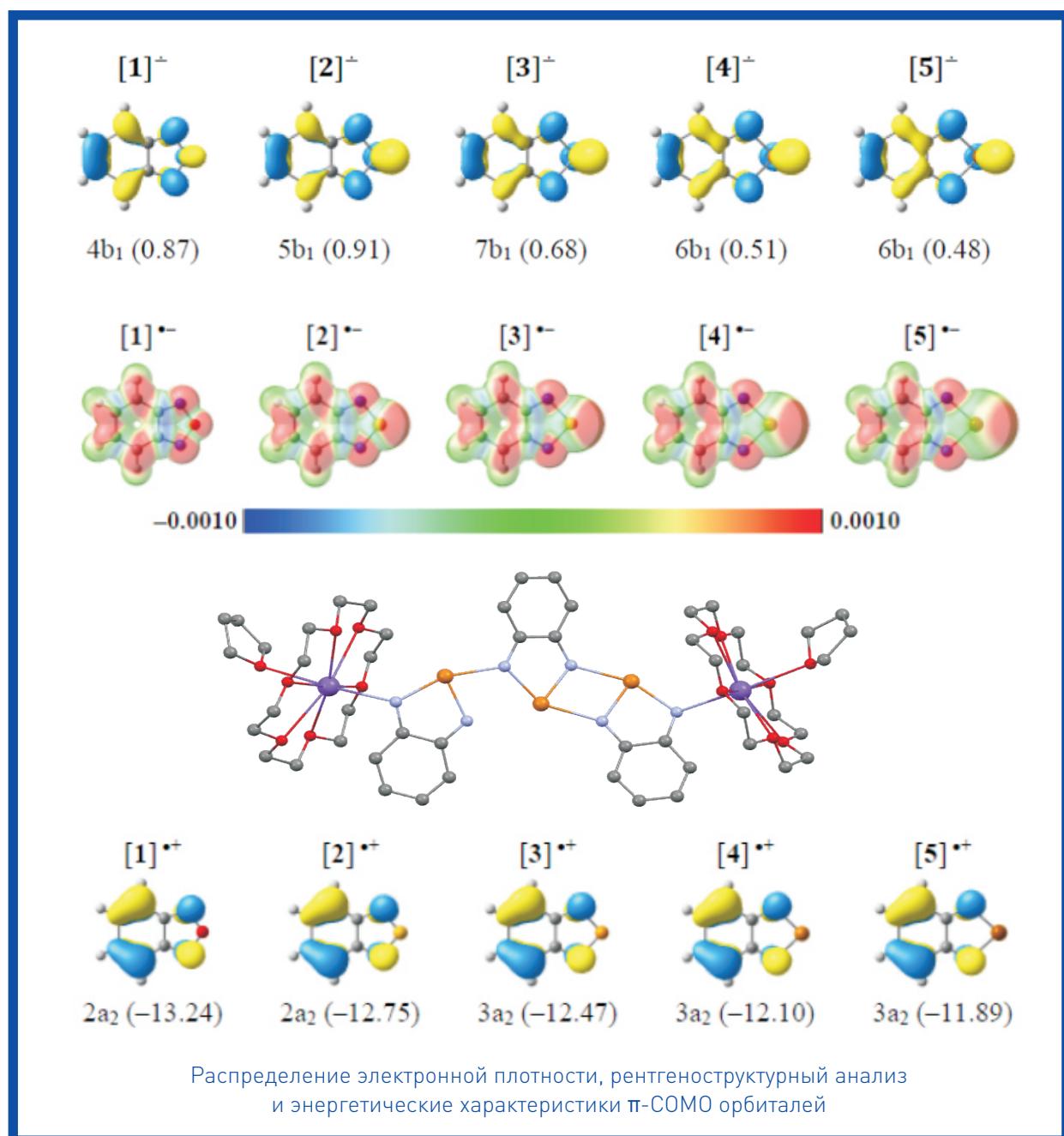
# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

С целью выявления закономерностей и особенностей молекул конденсированных 1,2,5-халькогенадиазолов по всей пентаде халькогенов с помощью расчетов DFT была изучена и сравнена с экспериментальными данными молекулярная и электронная структура нейтральных гетероциклов и их радикальных ионов. Рассчитанные свойства нейтральных молекул включали их геометрию, атомные заряды, порядки связей и топологические дескрипторы QTAIM, формы и энергии  $\pi$ -МО, энергию ионизации и сродство к электрону, NICS и MEP, а радикальных

ионов – геометрию, форму и энергию  $\pi$ -СОМО, распределение спиновой плотности электронов и константы сверхтонкой связи. В большинстве случаев были получены однородные структуры с незначительными особенностями для того или иного халькогена. Показано, что данные свойства основного состояния молекул не объясняют известных различий в реакционной способности молекул конденсированных 1,2,5-халькогенадиазолов по всей пентаде халькогенов. Предполагается, что данные различия обусловлены кинетикой и термодинамикой реакций, в которых отличающаяся в широких пределах атомная дипольная поляризуемость халькогенов является определяющим фактором.

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

Физический Институт РАН им. П. Н. Лебедева  
(г. Москва).



# РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ РЕШЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЗАДАЧ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ СВЯЗАННЫХ СИСТЕМ УПРУГОПОДАТЛИВЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ

Руководитель проекта – доктор технических наук, профессор Ю.В. Рождественский

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка теоретического и программного обеспечения моделирования нелинейной динамики для связанных систем упругоподатливых гидродинамических трибосопряжений.

## ПУБЛИКАЦИИ

8 научных статей

1 конференция

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

4 статьи в Scopus

1 статья в Web of Science

3 статьи в РИНЦ

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➲ Анализ преимуществ и недостатков существующих методик моделирования автономных упругоподатливых гидродинамических трибосопряжений.
- ➲ Теоретические основы моделирования нестационарно нагруженных упругоподатливых гидродинамических трибосопряжений и их систем.
- ➲ Методики, алгоритмическое и программное обеспечение моделирования автономного трибосопряжения с упругоподатливым вкладышем в жестком корпусе и перекосом осей подвижного (шипа) и неподвижного (подшипника) элементов при стационарной и нестационарной нагрузке.
- ➲ Методики, алгоритмическое и программное обеспечение моделирования автономного трибосопряжения с учетом упругих свойств корпуса подшипника.
- ➲ Методики, алгоритмическое и программное обеспечение моделирования системы упругоподатливых трибосопряжений с перекосом осей шипа и подшипника.
- ➲ Адаптация разработанного методического обеспечения к комплексному моделированию систем трибосопряжений многоопорных валов.
- ➲ Рекомендации по проектированию многоопорных валов на гидродинамических опорах скольжения.

Предложение новых технических решений для гидродинамических трибосопряжений коленчатых валов высокоФорсированных ДВС.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Результаты проекта будут использованы при выполнении проблемно-ориентированных исследовательских работ для создания опережающего задела по разработке теоретических основ расчета тяжелонагруженных узлов трения; повышения ресурса и снижения трибологических потерь в трибосопряжениях, определяющих надежность машин и механизмов. В этом направлении в рамках проекта предусматривается развитие и консолидация различных областей науки, в том числе гидродинамической теории смазки, трибологии, термодинамики, механики деформируемого твердого тела.

Полученные в результате выполнения проекта результаты могут быть распространены и направлены на цели повышения ресурса перспективных форсированных дизелей специального назначения, а также для разработки трибосопряжений поршневых и роторных машин, двигателей внутреннего сгорания нового поколения, в других областях промышленности.

Подходы, реализуемые в проекте, могут найти применение при создании искусственных суставов и протезов, так

как известно, что закономерности главным образом упругогидродинамической смазки играют существенную роль в работе суставов человека и животного, в здоровом организме которых суставы работают безотказно в течение всей жизни.

Исследование суставов живых существ представляется большой интерес как для создания протезов, так и для конструирования по их образу и подобию узлов трения с минимальным коэффициентом трения и большой долговечностью.

Полученные в результате выполнения проекта знания, сформированный научный задел могут быть распространены и направлены на получение результатов в двигателестроительной отрасли, гидро- и теплоэнергетике при разработке трибосопряжений поршневых и роторных машин нового поколения, энергоэффективных форсированных двигателей внутреннего сгорания, малоразмерных турбокомпрессоров, крупногабаритных подшипников паровых турбин. Кроме того, разработанные в ходе проекта методическое и программное обеспечения будут использоваться в образовательном процессе при подготовке студентов по направлению «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и аспирантов по специальности «Машиностроение».

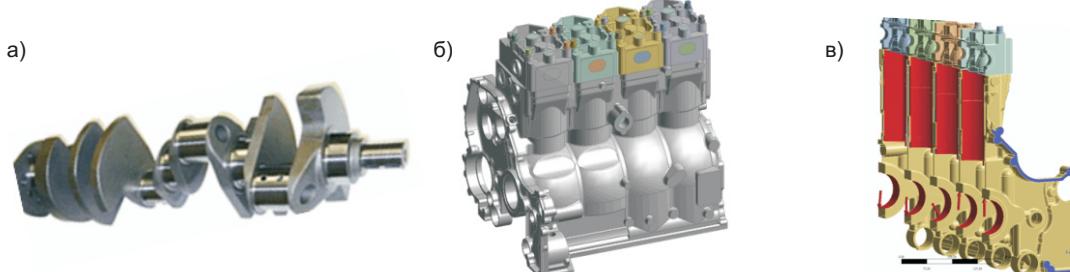
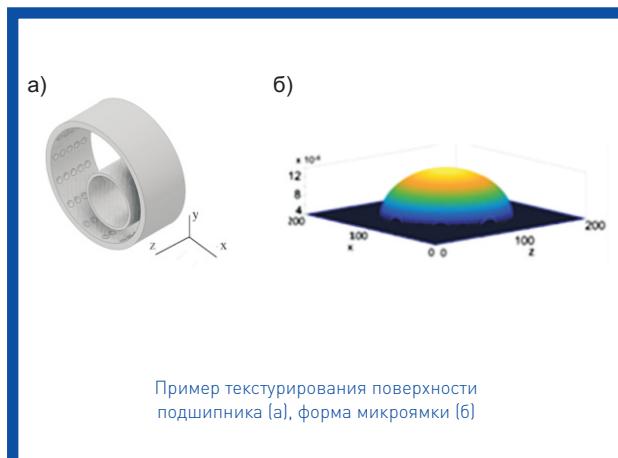
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

- Методика моделирования системы упругоподатливых трибосопряжений с перекосом осей шипа и подшипника.

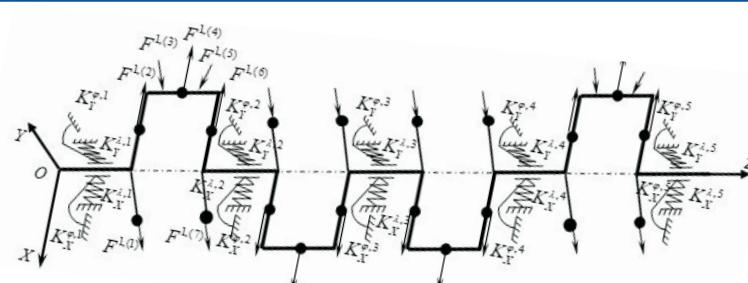
- Алгоритмическое обеспечение моделирования системы упругоподатливых трибосопряжений с перекосом осей шипа и подшипника.
- Программный продукт для моделирования системы упругоподатливых трибосопряжений с перекосом осей шипа и подшипника.
- Рекомендации по проектированию многоопорных валов на гидродинамических опорах скольжения.
- Техническое решение для гидродинамических трибосопряжений высокоФорсированных ДВС.
- Статьи в научных журналах, индексируемых в базе данных Scopus и Web of Science.

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

- ООО «ЧТЗ-Уралтрак», г. Челябинск,
- АО СКБ «Турбина», г. Челябинск,
- ООО Уральский дизель-моторный завод, г. Екатеринбург,
- НПО Турботехника, г. Протвино



Примеры конструктивного исполнения элементов системы «многоопорный вал, вращающийся в картере двигателя внутреннего сгорания»:  
а) коленчатый вал четырехцилиндрового ДВС; б) внешний вид картера (корпуса) ДВС;  
в) разрез картера ДВС [стрелками показаны силы взаимодействия картера и коленчатого вала]



Механическая модель системы «упругий многоопорный вал, вращающийся в подшипниках гидродинамического трения»



# СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УЗЛОВЫМ АТОМОМ АЗОТА

Руководитель проекта – доктор химических наук, профессор Д.Г. Ким

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Поиск и разработка эффективных подходов к синтезу новых конденсированных гетероциклических соединений, обладающих высокой биологической активностью, на основе доступных многофункциональных прекурсоров ряда азолов и азинов.

## ПУБЛИКАЦИИ

11 научных статей

1 заявка на патент

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

11 статей в Scopus/  
WoS

1 статья в РИНЦ

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➲ Исследование ранее не изученных N-, O-, S-алкенильных и пропаргильных производных азолов и азинов в реакциях гетероциклизации с галогенами, галогенводородными кислотами и другими электрофильтральными реагентами с целью синтеза новых потенциальных биологически активных конденсированных гетероциклических соединений.
- ➲ Изучение механизмов гетероциклизации указанных объектов исследования, поскольку известные механизмы не объясняют всего многообразия образующихся соединений.
- ➲ Идентификация и доказательство структуры синтезированных гетероциклических соединений комплексом физико-химических методов анализа (ГХ-МС, ИК, ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  спектроскопия, РСА).
- ➲ Исследование противогрибковой, антивирусной и антибактериальной активности синтезированных соединений, включая ее сравнительную оценку с активностью известных аналогов.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Широкий ряд новых гетероциклических соединений, обладающих потенциальной биологической активностью и являющихся ценностями объектами для дальнейшего тонкого органического синтеза. Результаты биоскрининга выборки синтезированных соединений.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Фундаментальные исследования, выполненные в рамках настоящего проекта, в частности, разработанные методы и подходы, могут быть применены к более широкому кругу гетероциклических соединений. В результате последующее развитие проекта в данном направлении позволит получить новые соединения, перспективные в плане их дальнейшего синтетического и практического применения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 г.

- Разработаны методы синтеза N-, O-, S-непредельных производных азолов [5,5'-(1,4-фенилен)бис(4Н-1,2,4-триазол-3-тиола) и 5,5',5''-(бензол-1,3,5-триол)триис(4Н-1,2,4-триазол-3-тиола)] и азинов (6-меркаптопурина, теобромина, 2-тиурацила, 4,6-диметил-3-циано-2-пиридона, 2-меркапто-никотиновой кислоты, 2-аминопиридина, 4-меркаптоинозолинов, 5-фенил-2,3-дигидро-1,2,4-триазин-3-тиона).
- Изучены реакции гетероциклизации 6-алкенилсульфанилпуринов,

1-аллил/металлилтеоброминов, 3-аллил-6-метил-2-тиоурацила, 3-аллил-6-метил-5-этил-2-тиоурацила, 7-алкенил- и 7-пропаргилзамещенных 8-хлор-теофиллинов, N- и O-аллильных производных 4,6-диметил-3-циано-2-пиридона, пропаргильных производных 2-меркаптонicotиновой кислоты, галогенидов 1-алкенил[пропаргил]-2-аминопиридиния, 4-[бутенил/-циннамил]сульфанилхиназолинов, 3-пропаргилсульфанил-5-фенил-1,2,4-триазина под действием галогенов (иода, брома).

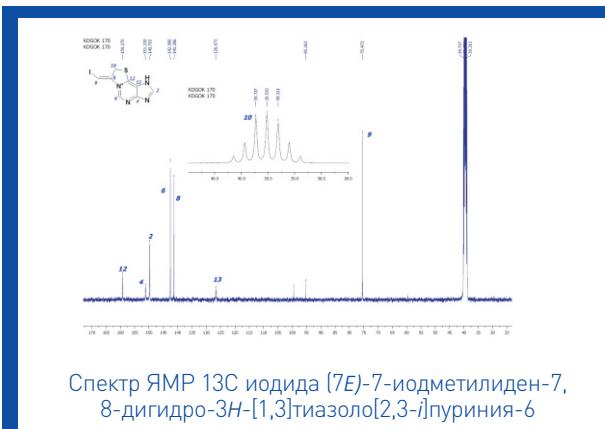
- Установлено, что строение полученных конденсированных гетероциклических систем определяется структурой исходного гетероцикла и условиями реакции.
  - Исследованы структуры синтезированных соединений физико-химическими методами анализа

(ГХ-МС, ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  спектроскопия, PCA).

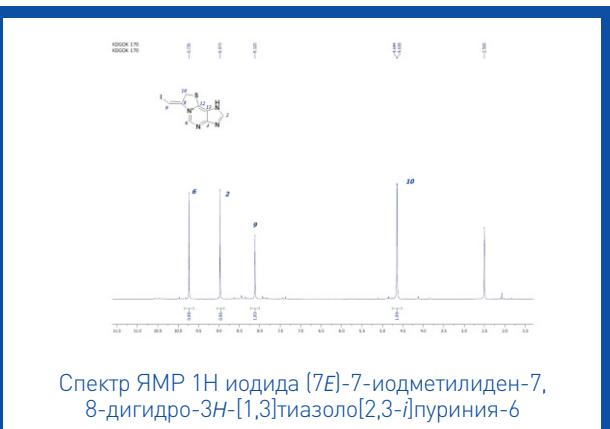
- Получена первая выборка синтезированных соединений и осуществлено исследование их биологической активности. По результатам исследований подана заявка на патент РФ «Конденсированные [1,3]тиазолоазиниевые системы с узловым атомом азота, обладающие фунгицидной и бактерицидной активностью [варианты]» (регистрационный номер заявки 2019128323).

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

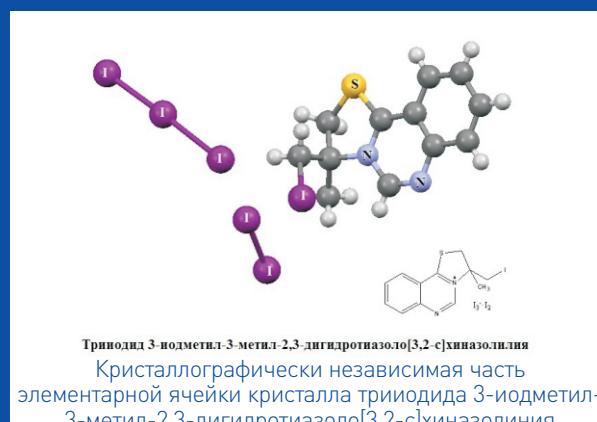
- ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».
  - Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН.
  - Челябинский государственный университет.
  - ЮУГМУ Минздрава России.



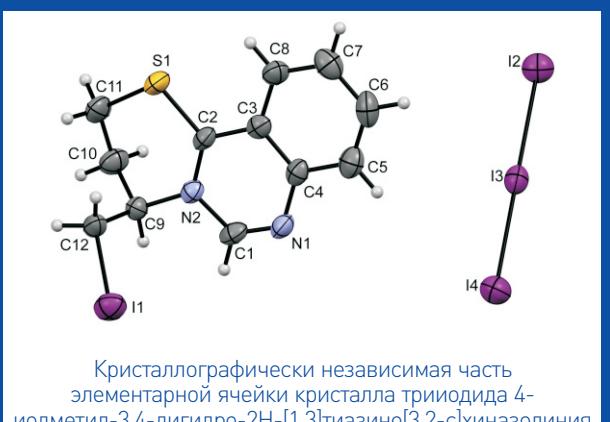
## Спектр ЯМР $^{13}\text{C}$ иодида ( $7E$ )-7-иодметилиден-7,8-дигидро-3Н-[1,3]тиазоло[2,3-*i*]пуриния-6



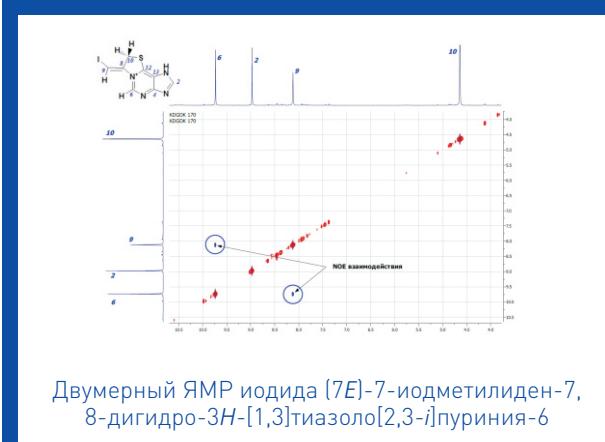
## Спектр ЯМР 1Н иодида (7E)-7-иодметилиден-7,8-дигидро-3Н-[1,3]тиазоло[2,3-*i*]пуриния-6



# Триодид 3-iodметил-3-метил-2,3-дигидротиазоло[3,2-с]хиназолиния Кристаллографически независимая часть элементарной ячейки кристалла триодида 3-iodметил- 3-метил-2,3-дигидротиазоло[3,2-с]хиназолиния



## Кристаллографически независимая часть элементарной ячейки кристалла триодиода 4- иодметил-3,4-дигидро-2H-[1,3]тиазино[3,2-c]хиназолиния



## Двумерный ЯМР иодида [7E]-7-иодметилиден-7,8-дигидро-3H-[1,3]тиазоло[2,3-*i*]пуриния-6



## Кристаллы гексаброплатината 2-бромметил-3,4-дигидро- 2Н-пиридо[2,1-*b*][1,3]оксазиния под микроскопом

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

## ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЗАДАНИЕ

# ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УПРАВЛЯЕМОЙ ВИБРАЦИИ НА СТАБИЛИЗАЦИЮ ТРЕБУЕМОЙ ГЕОМЕТРИИ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ПРИ РАЗМЕРНОМ ДИСПЕРГИРОВАНИИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Руководитель проекта – кандидат технических наук, доцент С.В. Сергеев

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Формирование научных основ размерного механического диспергирования конденсированных сред, обеспеченного введением в зону разрушения материала расчетного управляемого вибрационного воздействия, для проектирования вибрационных технологий и высокотехнологичного, энергоэффективного оборудования, необходимых на производстве гранулоподобной стружки, волокон и порошков из различных материалов, применяемых главным образом при изготовлении изделий из композитов, в том числе, посредством аддитивных технологий, а также при утилизации отходов.

## ПУБЛИКАЦИИ

**3** научные  
статьи

**3** заявки  
на патент

**1** свидетельство  
ЭВМ

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

**3** статьи  
в Scopus/WoS

**2** статьи  
в РИНЦ

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➁ Разработать и исследовать новые принципы вибрационного диспергирования вязких, хрупких и волокнистых конденсированных сред.
- ➂ Решить задачу моделирования процесса управления формой и размерами частиц при вибрационном диспергировании резанием вязких, раскалыванием хрупких и скользяще-режущим способом волокнистых материалов с целью стабилизации формы и гранулометрического состава получаемых частиц и проверить адекватность разработанных моделей.
- ➃ Разработать новые способы размерного диспергирования и исследовать их возможности.
- ➄ Разработать методологию и концептуальные основы алгоритмов проектирования станков-вибродиспергаторов нового поколения.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Принципиально новые процессы размерного механического диспергирования конденсированных сред, основанные на так называемом воксельном подходе, обеспеченные путем принудительного введения в зону разрушения материала расчетного управляемого вибрационного воздействия. Такой подход станет научной основой проектирования вибрационных технологий и высокотехнологичного, энергоэффективного оборудования

для размерного диспергирования материалов при производстве гранулоподобной стружки, волокон и порошков из различных материалов, применяемых главным образом при производстве изделий из композитов, в том числе и посредством аддитивных технологий, а также при переработке промышленных и бытовых отходов.

В плане науки:

- ➁ во-первых, именно такой поход позволит перейти от традиционного (хаотичного) к новому – высокоорганизованному, то есть упорядоченному и управляемому процессу разрушения вязких, хрупких и волокнистых конденсированных сред, различных по структуре;
- ➂ во-вторых, параллельные теоретические и экспериментальные исследования новых способов возбуждения управляемой вибрации и воздействия ее на процесс управляемого диспергирования позволяют, с одной стороны, сделать вклад в теорию колебаний (создать математическое описание процессов самовозбуждения и самосинхронизации высокочастотных колебаний и механически модулируемых колебаний). С другой стороны, результаты позволят развить знания в теории вибрационного резания, виброударного разрушения и вибрационного истирания материалов.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Результаты уже востребованы и позволяют получать дисперсные частицы (крошка, стружка, мелкодисперсные порошки) требуемого качества

без изменения их физико-химических характеристик, чего ожидают производители изделий из порошков, а также переработчики твердых промышленных и бытовых отходов. На основе синтеза полученных новых знаний в областях вибрационной механики [теории резания и теории разрушения] будут сформулированы алгоритмы расчета кинематических связей станков-диспергаторов нового поколения, что очень актуально в условиях импортозамещения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

Принципиально новые процессы размерного механического диспергирования конденсированных сред, основанные на так называемом воксельном подходе, обеспеченные путем принудительного введения в зону разрушения материала расчетного управляемого вибрационного воздействия. Такой подход станет научной основой проектирования вибрационных технологий и высокотехнологичного, энергоэффективного оборудования для размерного диспергирования материалов при производстве гранулоподобной стружки, волокон и порошков из различных материалов, применяемых главным образом при производстве изделий из композитов, в том числе и посредством аддитивных технологий,

а также при переработке промышленных и бытовых отходов (подана заявка № 2019113183 на патент РФ «Способ измельчения»).

В плане науки:

- во-первых, именно такой поход позволит перейти от традиционного (хаотичного) к новому – высокоординированному, то есть упорядоченному и управляемому процессу разрушения вязких, хрупких и волокнистых конденсированных сред, различных по структуре;
- во-вторых, параллельные теоретические и экспериментальные исследования новых способов возбуждения управляемой вибрации (подана заявка № 2019113184 на патент РФ «Способ возбуждения колебаний») и воздействия ее на процесс управляемого диспергирования позволяют, с одной стороны, сделать вклад в теорию колебаний (создать математическое описание процессов самовозбуждения и самосинхронизации высокочастотных колебаний и механически модулируемых колебаний). С другой стороны, результаты позволяют развить знания в теории вибрационного резания, виброударного разрушения и вибрационного истирания материалов.

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

- ООО «Гранулятор», г. Златоуст.
- ООО «Аллюр-Злат», г. Златоуст.
- ИП «Крутицкая И.П. Шорные товары», г. Златоуст.
- АО «Златмаш», г. Златоуст.
- ООО «Монолит 74», г. Златоуст.
- ООО «Гросс», г. Кисловодск.



Экспериментальная трансформируемая модель роторно-дебалансного вибропривода с компьютерным управлением для генерирования либо низкочастотных, либо высокочастотных, либо амплитудно-модулированных колебаний рабочего органа машины (патент РФ № 2533743)



Новый способ измельчения материалов (подана заявка № 2019113183 на патент РФ):  
а) схема формирования дисперсных частиц при измельчении отходов натуральной кожи качающимся режущим элементом, имитирующим движения кошачьего когтя;  
б) экспериментальный диспергатор

# НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФОТОНИКИ И СПИНТРОНИКИ НА ОСНОВЕ ХАЛЬКОГЕНАЗИЛЬНЫХ ГЕТЕРОЦИКЛОВ

Руководитель проекта – доктор химических наук, профессор О.А. Ракитин

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение результатов как фундаментального характера по новым методам синтеза халькоген-азотистых гетероциклических соединений, так и практического характера, связанные с получением конкретных соединений, которые могут обладать интересными физическими свойствами.

## ПУБЛИКАЦИИ

8 научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

8 статей в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧА ПРОЕКТА

Проектом предусматривается дизайн и синтез конденсированных 1,2,5-оксадиазолов, 1,2,5-тиадиазолов, 1,2,5-селенадиазолов, 1,2,3-дитиазолов и 1,2,3-тиаселенадиазолов различного строения, содержащих подходящие для данного типа применения группы, получение на их основе новых материалов, имеющих практическое значение для техники и медицины, исследование биологической (противораковой и антиспидовой) активности и физических свойств полученных систем, выяснение зависимости структура-свойства с целью создания практически важных соединений.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

На основе реакций кросс-сочетания (Сузуки и Стилле) 4,7-дигромбензо[*d*][1,2,3]тиадиазола будут получены продукты монозамещения, которые могут быть использованы в качестве промежуточных соединений для синтеза новых материалов для солнечных ячеек и продукты бисзамещения, которые могут выступать как материалы для органических светодиодов.

Из 4,7-дигром[1,2,5]тиадиазоло [3,4-*d*] пиридазина с помощью реакций нуклеофильного замещения и реакций кросс-сочетания будут синтезированы целевые полициклические цианоакриловые кислоты, на основе которых будут сконструированы солнечные ячейки, для которых будут измерены коэффициенты преобразования энергии.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Разработанная архитектура светодиода позволила добиться рекордно низкой цветовой температуры излучения OLED по сравнению с известными прототипами. Поэтому данную работу можно считать инновационной и открывающей хорошие перспективы для внедрения в практику.

Разработанные устройства можно использовать в качестве источников света для офисных или других бытовых помещений, в качестве элементов светового дизайна различных общественных пространств и для многих других целей, но особенно полезным будет их применение в качестве домашних ламп для облегчения засыпания и создания комфортного мягкого освещения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬС- КОЙ РАБОТЫ В 2019 г.

На основе гибрида органических синтезированных красителей с конфигурацией D-A-π-A1 и металлогорганических излучающих материалов создан безопасный с физиологической точки зрения светодиод. Новый источник света благодаря инновационной конструкции и сочетанию новых специально синтезированных люминофоров практически не имеет вредного излучения в синей области спектра, а цветовые характеристики его излучения подобны световым характеристикам пламени обычных свечей.

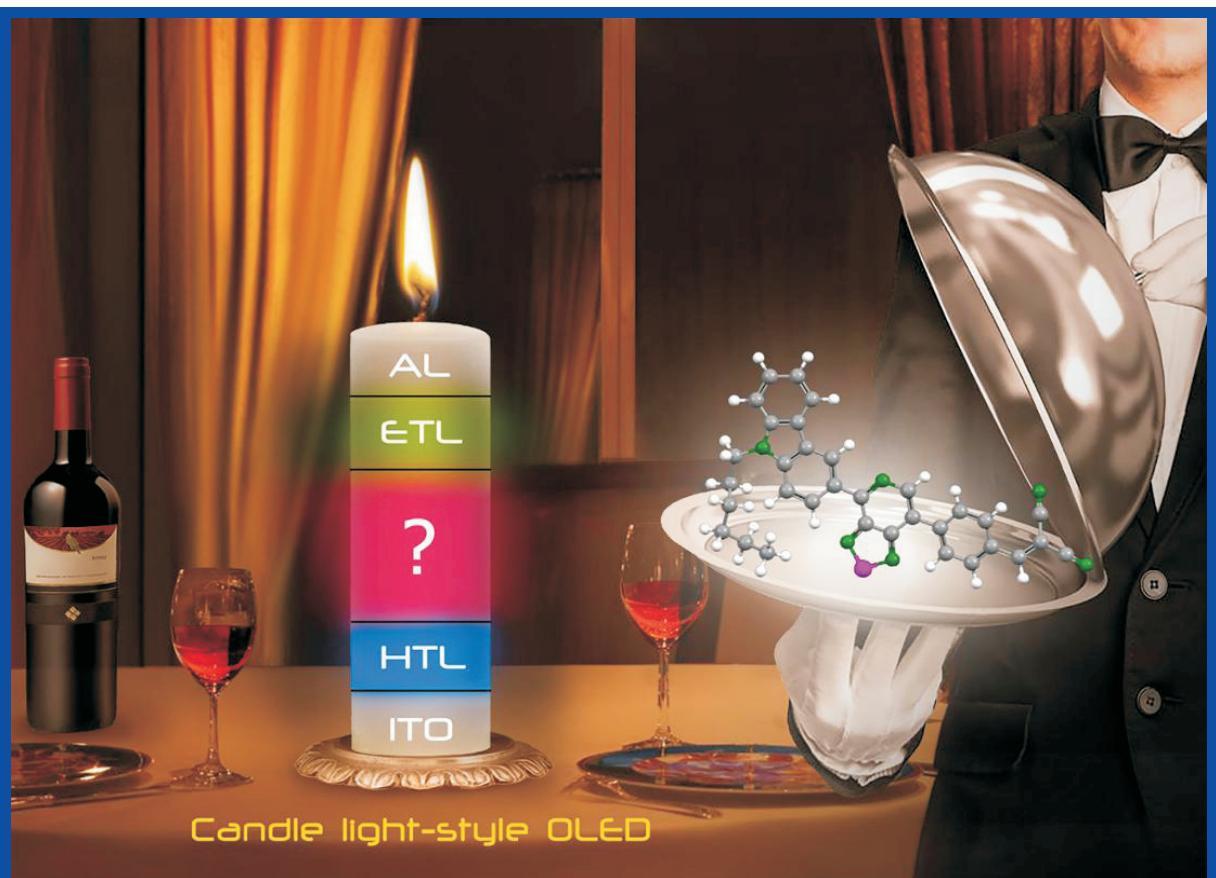
В то же время такой диод гораздо более энергоэффективен, чем лампы накаливания, а его яркостные характеристики соответствуют требованиям, предъявляемым к современным источникам света.

Важной особенностью разработанного устройства является отсутствие в его составе редких и благородных металлов, таких как иридий и платина (основы современных промышленных люминофоров для OLED-устройств), и относительная простота конструкции в целом. Преимуществами предлагаемого нами светоизлучающего диода со световыми характеристиками свечей являются применение всего лишь двух светоизлучающих слоёв. В качестве одного из слоёв

используется дешёвое металлорганическое соединение алюминия, а для другого слоя были использованы специально синтезированные нами новые органические красители. Статья опубликована в одном из самых престижных иностранных журналов первого квартала «Chemical Communications», а рисунок к этой статье помещен на обложку этого журнала.

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

- Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН
- Физический Институт им. П.Н. Лебедева РАН
- РХТУ им. Д.И. Менделеева

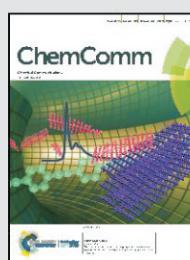


Showcasing research from Professors Oleg Rakitin's and Ilya Taydakov's laboratories, N. D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry and P. N. Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

A novel candle light-style OLED with a record low colour temperature

Candle light-style OLEDs based on new D-A- $\pi$ -A type molecules incorporated into  $\text{Alq}_3$  matrix were developed. A record low colour temperature of 1722 K OLED radiation was achieved, which is by 80 K lower than that of the best devices reported previously.

### As featured in:



See Vladislav M. Korshunov,  
Oleg A. Rakitin et al.,  
*Chem. Commun.*, 2019, **55**, 13354.



Обложка номера журнала Chemical Communications с опубликованной статьей

[rsc.li/chemcomm](http://rsc.li/chemcomm)

Registered charity number: 207896

# ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Руководитель проекта – доктор физико-математических наук, доцент С.В. Таскаев

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Проект направлен на решение фундаментальной задачи физики конденсированного состояния и физики металлов и сплавов – разработку материалов с заданными свойствами, пригодных для применения в новой перспективной технологии сжижения газов с помощью магнитокалорического эффекта.

## ПУБЛИКАЦИИ

8 научных статей

7 научных докладов

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

8 статей в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧА ПРОЕКТА

Проект направлен на решение фундаментальной задачи физики конденсированного состояния и физики металлов и сплавов – разработку материалов с заданными свойствами, пригодных для применения в новой перспективной технологии сжижения газов с помощью магнитокалорического эффекта.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➲ Синтез и комплексное (экспериментальное и теоретическое) изучение материалов с высоким магнито-калорическим эффектом в диапазоне температур 15...150 К, обладающих большим потенциалом применения в установках по сжижению природного газа.
- ➲ Создание АМР- теплообменников для криогенных температур на основе синтезированных материалов.
- ➲ Предложение концепции конструкции крупномасштабного сжижителя природного газа, работающего на эффекте магнитного охлаждения.

- ➲ Оценка основных параметров сжижителя природного газа и требуемой напряженности поля сверхпроводящего магнита, необходимых для эффективной работы установки.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Природный газ является одним из основных источников энергии как в настоящее время, так и в обозримом будущем. Тенденция производства и потребления этого вида энергии монотонно возрастает для всех сегментов рынка, включая природный газ, водород, кислород, азот и т. д. Для хранения и транспортировки этого типа энергии требуется сжижение, но для этого процесса требуются сложные энергоемкие компрессорные устройства, работающие при криогенных температурах (при температурах ниже 150 К эффективность сжижения традиционными методами довольно низкая). В то же время существует принципиально иной подход к сжижению газов в качестве хранилища будущей энергии – технология магнитного охлаждения. Принимая во внимание недавний прогресс в разработке сверхпроводящих магнитов с магнитными полями до 15–22 Тл, этот тип охлаждения при криогенных температурах может вызвать революцию в технологии сжижения газа.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

- Разработана численная модель для расчетов различных циклов магнитного охлаждения как при бесконечных, так и при конечных массах теплообменников. Данная модель, на основе экспериментальных данных SM,  $\Delta T_{ad}$  и CH, позволяет определить основные термодинамические параметры циклов магнитного охлаждения: переносимое за цикл тепло QC, работу за цикл WC и холодильный коэффициент (или e). С помощью разработанной модели рассчитаны циклы магнитного охлаждения с использованием в качестве рабочего тела редкоземельного металла Gd и материалов на основе соединений RCo2. Предложена модель гибридного магнито-компрессионного криогенного охладителя с нижней ступенью, работающей по каскадному циклу магнитного охлаждения, включающего 24 рабочих тела выполненных на основе соединения DyCo2.
- Используя экспериментальные данные по измерению адиабатического изменения температуры твердых растворов Gd-R, где R=Y, Ho, Er и теорию подобия и уравнения нестационарного теплообмена, были проведены расчеты теплообмена в теплообменниках двух геометрий: слоистых теплообменниках и шаровой упаковки с двумя теплопередающими средами: вода и метан. Проведенные расчеты показали, что благодаря улучшенной динамике теплового потока шаровая упаковка обеспечивает более высокую скорость теплопередачи, чем это может быть достигнуто в пластинчатых регенераторах, но в то же время пластины толщиной 100 мкм превышают производительность теплообменника в виде шаровой упаковки на ~ 50 % из-за более низкой пористости и, как следствие, из-за большего количества магнетокалорического материала в случае использования в качестве теплопередающей жидкости воды. В случае с метаном выигрыш на порядок в холодильной мощности обусловлен увеличенной скоростью теплопередающей жидкости в теплообменнике, что позволяет эффективно отобрать все генерируемое тепло от рабочего тела.

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный университет» (ТвГУ, Тверская область).
- Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС», г Москва).
- Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» (ФГАОУ ВО «БФУ им. И. Канта», Калининградская обл.).
- Технический университет «Дармштадт» (Германия).



Особо точные аналитические весы



Вибрационный магнитометр  
PPMS Versa Lab Quantum Design 3T

# РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УПРАВЛЯЕМОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ И МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗ НИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТУРБОВЕНТИЛЯТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Руководитель проекта – доктор технических наук, профессор С.Б. Сапожников

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Данный проект направлен на решение проблемы повышения доли волокнистых полимерных композитных материалов в конструкции современных отечественных турбореактивных двухконтурных двигателей.

## ПУБЛИКАЦИИ

6 научных статей

1 доклад на научной конференции

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

6 статей в Scopus/  
WoS

2 статьи в Q1

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Разработка композитов с заданной степенью механической нелинейности и обладающих повышенной стойкостью к ударному воздействию.
- ➋ Разработка новых методов расчета толстостенных конструкций из композитных материалов, позволяющих учитывать межслойные сдвиги и расслоения.
- ➌ Разработка методик расчетной оценки усталостной прочности композитных изделий сложной формы.
- ➍ Разработка методических основ расчетной оценки прочности и жесткости крупногабаритных изделий из волокнистых композитов при ударном воздействии.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➊ Новые технологии изготовления высоконелинейных композитных материалов методами гибридизации и инжиниринга тканевых слоев.
- ➋ Новые результаты экспериментальных исследований

стандартных и нелинейных композитных материалов при статическом, циклическом и ударном нагружениях.

- ➌ Новые численно эффективные подходы к оценке статической прочности толстостенных многослойных композитных материалов, работающих в условиях сложного напряженного состояния, методики определения параметров численных моделей.
- ➍ Новый термомеханический подход к оценке циклической прочности композитных конструкций сложной формы.
- ➎ Новые расчетные модели и методы для оценки механического поведения крупногабаритных изделий из полимерных композитных материалов, работающих в условиях ударного нагружения.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Разработанные материалы и методы расчета конструкций из них позволят существенно ускорить разработку новых перспективных отечественных турбовентиляторных двигателей и повысить их конкурентоспособность на мировом рынке за счет повышения весовой эффективности композитных элементов в составе двигателя, снижения

количества натурных и полунатурных испытаний для доводки конструкции за счет переноса центра тяжести в область проверочных расчетов. Кроме того, полученные в ходе выполнения проекта технологические и расчетные решения могут применяться при расчетах и проектировании ответственных композитных элементов и конструкций в авиационной и кораблестроительной отраслях.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

- Для слоистого композитного материала на основе однородных слоев с произвольной укладкой разработан расчетный инструментарий, базирующийся на гипотезе кинематического нагружения каждого слоя с реализацией восходящей и ниспадающей части диаграммы деформирования, который позволяет прогнозировать диаграмму деформирования и разрушающие деформации для стандартных и гибридных ПКМ.

Выполненный расчётно-экспериментальный анализ возможностей получения длинной площадки «текущести» при растяжении композита, состоящего из волокон одного типа, за счёт локального их искривления показал большие перспективы такого метода.

- Получены новые экспериментальные данные по кинетике саморазогрева стеклопластика при низко- и высокочастотном циклическом растяжении, мало- и многоцикловом нагружении.

- Проведено исследование баллистических характеристик образцов ПКМ на основе угольных и арамидных волокон, а также их комбинации.

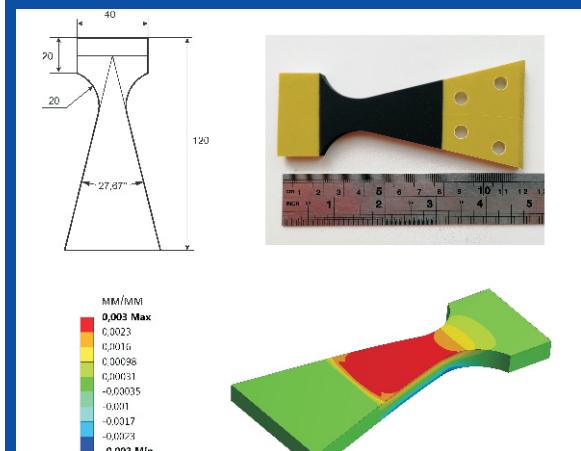
Разработаны новые мезоуровневые модели стандартных и трехмерно-армированных углепластиков с интерфейсными слоями и разрушаемыми контактами, которые позволяют получать адекватные результаты как по прогнозу поглощаемой композитом энергии, так и по площади повреждения материала.

### ☒ ПАРТНЕР ПРОЕКТА

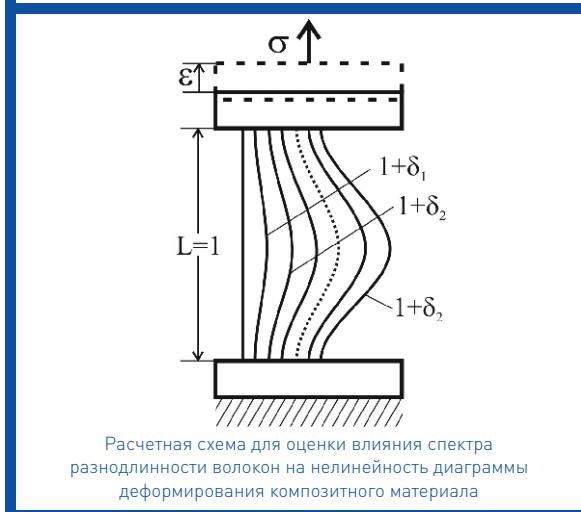
Лёвенский католический университет (Бельгия).



Испытания образцов композитных материалов на саморазогрев при высокочастотном циклическом растяжении



Композитные образцы в виде балок равного сопротивления для испытаний на саморазогрев при циклическом изгибе



Расчетная схема для оценки влияния спектра разнодлинности волокон на нелинейность диаграммы деформирования композитного материала

# СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ ОКСИДНЫХ ФАЗ СО СТРУКТУРОЙ МАГНЕТОПЛЮМБИТА

Руководитель проекта – доктор химических наук, доцент Д.А. Винник

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование влияния высокой энтропии смешения многокомпонентных ионных систем на возможность образования высокоэнтропийных фаз.

## ПУБЛИКАЦИИ

4 научных статьи

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

4 статьи в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Получение образцов нового класса высокоэнтропийных оксидных фаз – высокоэнтропийных фаз со структурой магнетоплюмбита.
- ➋ Исследование состава и структуры, а также свойств полученных образцов.
- ➌ Анализ полученных экспериментальных данных с целью формулирования общих закономерностей образования высокоэнтропийных фаз со структурой магнетоплюмбита, которые будут включать в себя и критерии стабильности фаз такого рода.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➊ Образцы (включая монокристаллы размером до 10 мм) высокоэнтропийных оксидных фаз со структурой магнетоплюмбита. Данные о температурных и концентрационных диапазонах стабильности фаз такого рода.
- ➋ Методики синтеза высокоэнтропийных оксидных фаз со структурой магнетоплюмбита.

➌ Данные о стабильных режимах их получения, включая составы расплавов, обеспечивающие получение монокристаллов, режим корректировки составов в ходе длительного выращивания кристаллов, а также температурные режимы процесса.

➍ Данные о магнитных и микроволновых характеристиках полученных кристаллических образцов. Результаты анализа зависимости магнитных и микроволновых характеристик от кристаллической структуры и состава образцов.

➎ Рекомендации по использованию кристаллических структур, полученных в процессе исследования, для изготовления компонентов электронной техники. Лабораторные технологические регламенты выращивания замещенных кристаллических структур.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Планируемые к получению результаты исследования существенно превосходят имеющийся мировой уровень знания о предмете исследования. При этом исследование позволит получить результаты, которые, безусловно, будут востребованы в ходе прикладных исследований, направленных на создание материалов для деталей и устройств электроники, в т.ч. СВЧ и КВЧ диапазонов.

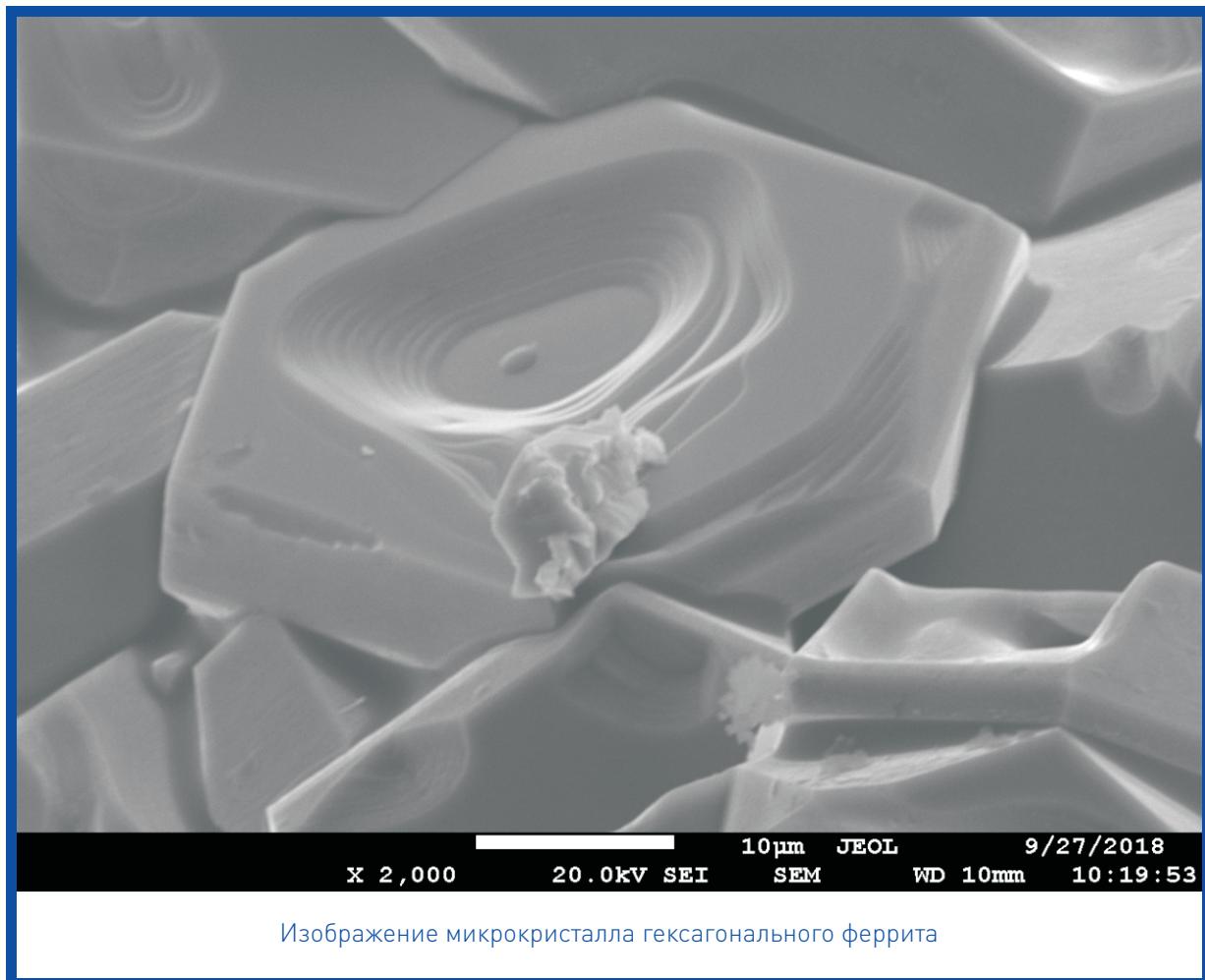
# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

Результатами работ первого этапа стали образцы (более 30) изученных многокомпонентных оксидных систем, новые данные об их структуре и составе. Также результатом исследований являются результаты теоретического анализа полученных экспериментальных данных, а также литературных данных полезных с точки зрения задач исследования. Главным научным результатом этой части работ

являются выводы о необходимых направлениях корректировки исходных составов образцов в части исключения компонентов, которые не участвуют в формировании высокоэнтропийной фазы со структурой магнетоплюмбита. Результаты исследования представлены на международных конференциях. По итогам исследований выпущены 2 публикации в зарубежных изданиях, индексируемых в Scopus, а также 2 публикации в изданиях, индексируемых РИНЦ.

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

Университет г. Штутгарт (Германия)



# МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАННЫМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ И МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Руководитель проекта – кандидат технических наук, доцент Д.С. Клыгач

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Реализация комплексного подхода к созданию новых функциональных материалов, включающего в себя: моделирование электромагнитных свойств новых материалов, изготовление и исследование структуры и свойств (электрических, магнитных и механических) разрабатываемых материалов.

## ПУБЛИКАЦИИ

5 научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

5 статей в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Моделирование и получение образцов нового класса функциональных материалов, сочетающих в себе ряд свойств — необходимые электромагнитные параметры, механические свойства в заданном диапазоне частот.
- ➋ Исследование состава и структуры, а также свойств полученных образцов.
- ➌ Проведение экспериментальных исследований.
- ➍ Анализ полученных экспериментальных данных с целью формулирования общих закономерностей.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➊ В ходе проекта будет разработана концепция моделирования и использования перспективного подхода в количественном описании свойств электрических, магнитных, механических связей и их роли в формировании структурной организации материалов.
- ➋ Показана возможность использования исследуемых материалов: снижение радиозаметности в диапазоне частот для электромагнитных волн,

механическая прочность. Для группы известных и новых материалов будет получен и проанализирован комплекс результатов, определяющий возможность их применения в современной технике. Таким образом, центр тяжести разработок переносится на численное моделирование с финальной экспериментальной проверкой полученных рекомендаций.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Показана возможность использования исследуемых материалов: снижение радиозаметности в диапазоне частот для электромагнитных волн.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ- СКОЙ РАБОТЫ В 2019 г

В течение первого года действия проекта выполнено:

- Получение электродинамических моделей материалов.
- Получение первой серии экспериментальных образцов
- Исследование структуры и фазового состава образцов.

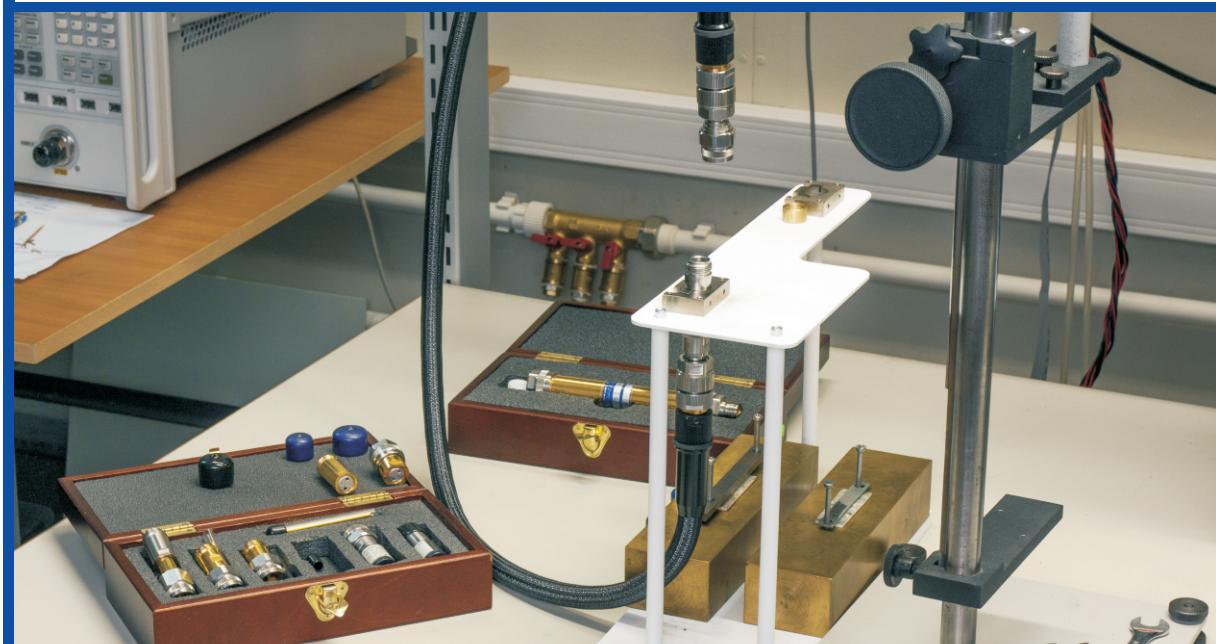
- Проведение химического и структурного анализа образующихся фаз методами РСМА, электронной микроскопии и рентгенофазового анализа.

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

- 000 «ПЛАНАР»



Измерение коэффициента отражения в безэховой камере



Измерительное оборудование

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

# РАЗРАБОТКА НОВЫХ ГИБРИДНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ СТРУКТУР С ПОВЫШЕННОЙ ЭНЕРГОПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Руководитель проекта – кандидат технических наук О.А. Кудрявцев

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Разработка новых высокоеффективных гибридных композитных материалов на основе арамидных волокон, которые будут обладать повышенной, по сравнению с обычными волокнистыми композитами, способностью поглощать энергию высокоскоростного удара при незначительно отличающихся от исходных поверхностных плотностях.

**ПУБЛИКАЦИИ**

1 научная статья

**ИНДЕКСИРОВАНИЕ**

1 статья в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Создание новых композитов на основе полимерной матрицы и различных высокопрочных волокон для защитных структур.
- ➋ Выработка практических рекомендаций по проектированию и изготовлению высокоеффективных гибридных композитов с повышенной противоударной стойкостью, отличающихся комбинацией слоев на основе термопластичной и термореактивной матриц, применением металлических прослоек.
- ➌ Разработка расчетных моделей и методов для анализа механического поведения гибридных композитных материалов различной структуры при баллистическом ударе.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➍ Новые высокоеффективные гибридные композиты на основе полимерной матрицы и различных высокопрочных волокон для защитных структур, практические

рекомендации по их проектированию и изготовлению.

- ➎ Практические рекомендации по проектированию и изготовлению высокоеффективных гибридных композитов с повышенной противоударной стойкостью, отличающихся комбинацией слоев на основе термопластичной и термореактивной матриц, применением металлических прослоек.
- ➏ Новые расчетные модели и методы для анализа механического поведения гибридных композитных материалов различной структуры при баллистическом ударе.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Результаты работ по проекту могут быть использованы при создании нового поколения отечественных бронежилетов высших классов защиты и легкой бронированной техники, в авиастроении, при проектировании защитных кожухов для турбовентиляторных двигателей, ракетостроении. Проект будет способствовать развитию российских компетенций в области создания и проектирования композитных конструкций и продвижению их на мировом уровне.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

- Предложен, апробирован и верифицирован новый подход к моделированию композитов на основе арамидной ткани с термопластичной матрицей. В рамках расчетно-экспериментальных исследований сформированы базовые рекомендации по моделированию термопластичных композитов с применением данного подхода.

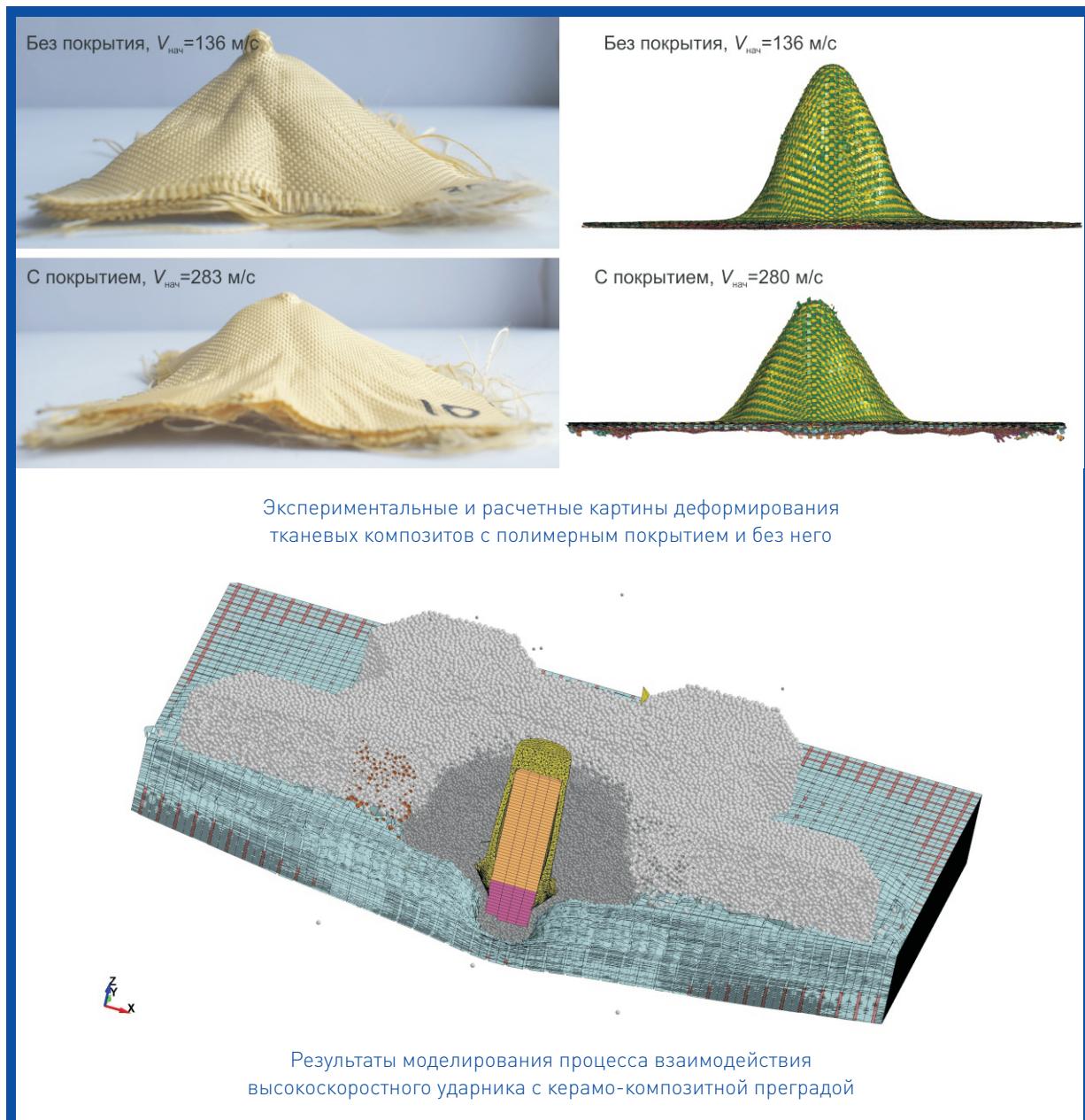
- Установлено, что использование синтетических

каучуков в качестве матрицы позволяет более чем на 30 % повысить баллистическую эффективность композита по сравнению с использованием полиэтиленовой матрицы.

- С использованием мезоуровневого подхода проведены предварительные расчеты ударного взаимодействия бронебойного снаряда и керамо-композитной структуры. Установлено, что применение в составе композитной подложки верхнего жесткого слоя может существенно повысить живучесть керамического слоя.

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

- АО НПП «Термотекс».



# ГРАДИЕНТНОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ АТОМОВ ЖЕЛЕЗА В КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ ГЕКСАФЕРРИТОВ М-ТИПА

Руководитель проекта – кандидат физико-математических наук В.Е. Живулин

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Экспериментальное и теоретическое исследование эффекта образования кристаллических структур на основе гексаферритов со структурой магнето-плюмбита с градиентным замещением атомов железа.

## ПУБЛИКАЦИИ

1 научная статья

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

1 статья в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧА ПРОЕКТА

- ➲ Анализ результатов проведённых ранее экспериментов, сопровождавшихся формированием градиентных замещённых кристаллических структур на основе гексаферритов.
- ➲ Экспериментальное изучение процесса образования градиентных замещённых кристаллических структур. Получение информации о том, как изменение состава раствора и температуры процесса влияет на изменение степени замещения атомов железа.
- ➲ Разработка термодинамических моделей, позволяющих описывать процесс образования замещённых кристаллических структур на основе гексаферритов. Разработка и проверка гипотез о локализации атомов-заместителей в структуре гексаферритов.
- ➲ Изучение влияния градиентной структуры на электрические и магнитные свойства кристаллов.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Результаты, которые планируется получить в рамках запланированной работы, послужат основой для создания новых, перспективных для применения в различных областях современной электроники функциональных материалов.

Анализ полученных результатов позволит сделать выводы относительно общих закономерностей образования сложных кристаллических фаз с градиентным замещением и о пределах влияния целенаправленного градиентного замещения на электрические и магнитные свойства кристаллических фаз, полученных таким образом.

Планируемые к получению результаты существенно превосходят имеющийся мировой уровень знания о предмете исследования. При этом исследование позволит получить результаты, которые, безусловно, будут востребованы в ходе прикладных работ, направленных на создание материалов для деталей и устройств электроники, в т. ч. СВЧ и КВЧ диапазонов.

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Получение монокристаллических структур на основе гексаферритов, в которых часть атомов железа замещена атомами других элементов, открывает новые, самые широкие возможности для точного подстраивания электрических и магнитных свойств полученных таким образом функциональных материалов под уровень этих свойств, который требуется конструкторам и производителям СВЧ-устройств, а также других электронных устройств, в которых используются уникальные физические свойства гексаферритов.

# РЕЗУЛЬТАТ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

Результатом работы в 2019 году являются полученные по методу направленной кристаллизации монокристаллы гексаферрита бария, имеющие градиент распределения по объему замещающего элемента. Изучены факторы, влияющие на формирование градиентного замещения. По результатам проведенных работ подготовлена рукопись статьи для отправки в журнал, индексируемый в базах данных Scopus/Web of Science.

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

Институт неорганической химии  
Университета Штутгартта (Германия).

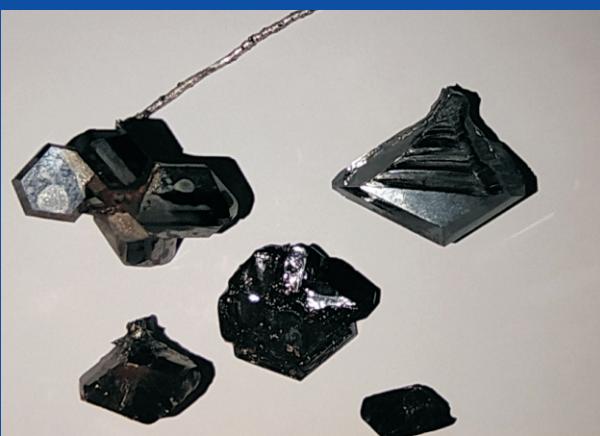


Рис. 1. Монокристаллы  $\text{BaFe}(12-x)\text{Ti}(x)\text{O}19$  с градиентным замещением, полученные методом Чохральского



Рис. 2. Сросток 5 монокристаллов  $\text{BaFe}(12-x)\text{Ti}(x)\text{O}19$



Рис. 3. Печь для выращивания монокристаллов

# СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ ФАЗ СО СТРУКТУРОЙ ПЕРОВСКИТА

Руководитель проекта – кандидат физико-математических наук С.А. Гудкова

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить возможность образования в сложных оксидных системах высокоеントропийных фаз со структурой перовскита, исследование их структуры и свойств.

## ПУБЛИКАЦИИ

1 научная статья

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

1 статья в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Получение образцов высокоеントропийных оксидных фаз со структурой перовскита.
- ➋ Исследование состава и структуры, а также свойств полученных образцов.
- ➌ Анализ полученных экспериментальных данных с целью формулирования общих закономерностей образования высокоеントропийных фаз со структурой перовскита, которые будут включать в себя и критерии стабильности фаз такого рода.

➍ Данные об электромагнитных характеристиках полученных кристаллических образцов. Результаты анализа зависимости этих характеристик от кристаллической структуры и состава образцов.

Рекомендации по использованию кристаллических структур, полученных в процессе исследования, для изготовления компонентов электронной техники.

Лабораторные технологические регламенты синтеза разработанных материалов.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Результаты теоретической части работ позволят существенно продвинуться в понимании механизмов образования высокоеントропийных оксидных систем, область исследования которых возникла совсем недавно и в настоящее время характеризуется отсутствием общепризнанных теоретических основ, позволяющих рационально определять направления исследований в этой области. При этом исследование позволит получить результаты, которые, безусловно, будут востребованы в ходе прикладных исследований, направленных на создание материалов для деталей и устройств электроники.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➊ Образцы высокоеントропийных оксидных фаз со структурой перовскита. Данные о температурных и концентрационных диапазонах стабильности фаз такого рода.
- ➋ Методики синтеза высокоеントропийных оксидных фаз со структурой перовскита. Данные о стабильных режимах их получения.

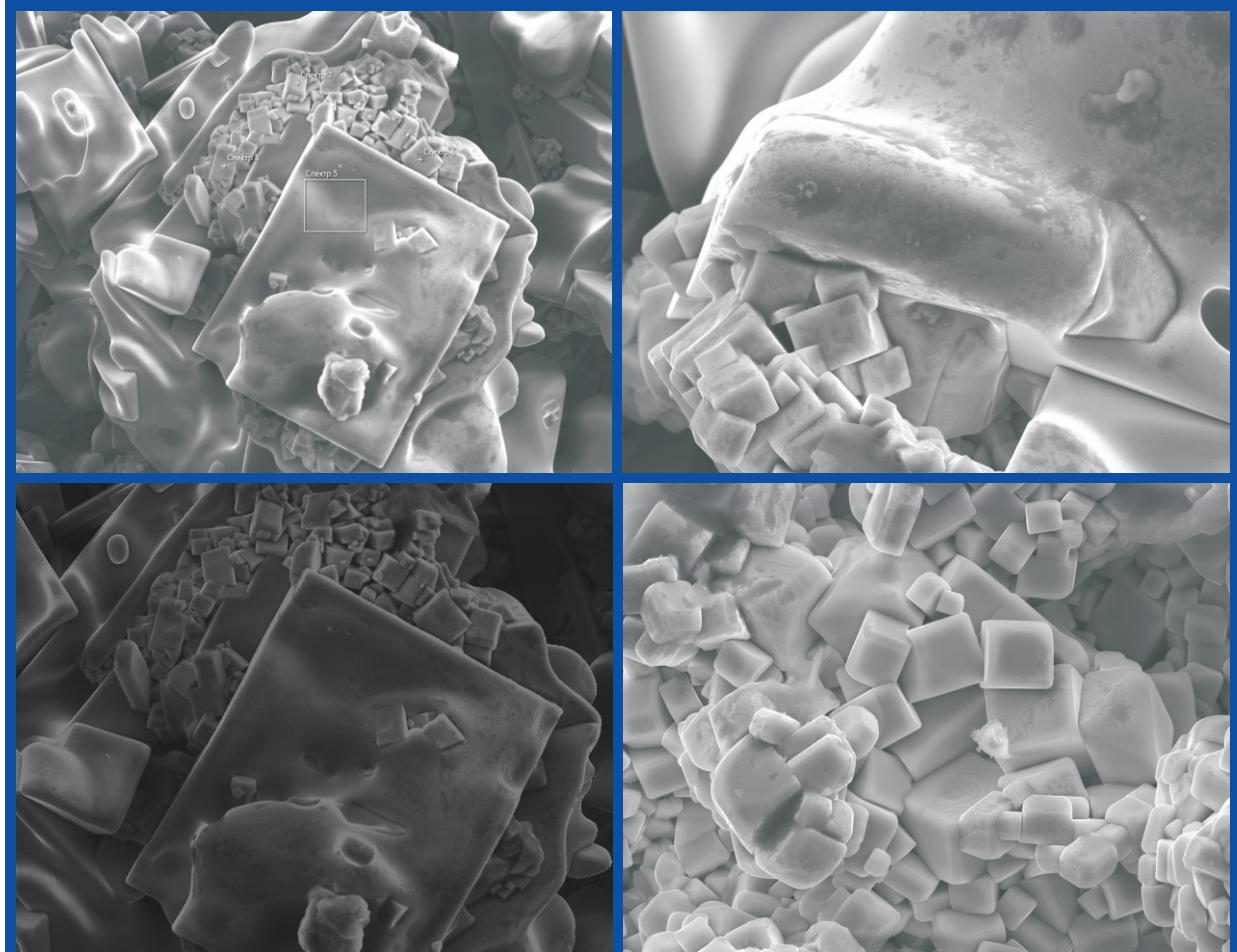
# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

В условиях, позволяющих рассчитывать на образование высокоэнтропийных кристаллических структур, получены образцы следующих систем: [Ba, Sr, Ca, Mg, Pb]TiO<sub>3</sub> [Ba, Sr, Ca, Mg, Pb](Ti,Zr)O<sub>3</sub> [Ba, Sr, Ca, Mg, Pb](Ti, Zr, Hf)O<sub>3</sub> [Ba, Sr, Ca, Mg, Pb](Ti, Zr, Hf, Sn)O<sub>3</sub> [Ba, Sr, Ca, Mg, Pb] (Ti, Zr, Hf, Sn, Mn)O<sub>3</sub> [Ba, Sr, Ca, Mg, Pb]FeO(3-δ) [Ba, Sr, Ca, Mg, Pb](Fe,

Mo)O(3-δ) [Ba, Sr, Ca, Mg, Pb][Fe, Mo, Sn]O(3-δ) [Ba, Sr, Ca, Mg, Pb][Fe, Mo, Sn, Si,)O(3-δ) [Ba, Sr, Ca, Mg, Pb][Fe, Mo, Sn, Si, Ga]O(3-δ) Имеются данные о структуре и фазовом составе полученных образцов. Основное внимание уделено химическому и структурному анализу высокоэнтропийной твёрдорастворной кристаллической фазы. Определена оптимальная (соответствующая нашим и литературным экспериментальным данным) методика оценки энтропийного критерия стабильности высокоэнтропийной перовскитоподобной фазы.

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

Университет г. Штутгарт (Германия).



Микрокристаллы высокоэнтропийных образцов со структурой перовскита

# КОНЦЕПЦИЯ ПНИКТОГЕННЫХ, ХАЛЬКОГЕННЫХ, ГАЛОГЕННЫХ И ТЕТРЕЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ В КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ СИЛЫ НЕКОВАЛЕНТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В КРИСТАЛЛАХ

Руководитель проекта – доктор химических наук, доцент Е.В. Барташевич

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка концепции связевых каналов, формируемым халькогенными, пниктогенными, галогенными, тетрельными связями или их сочетаниями в кристаллах, с опорой на распределение функции электронной плотности, ее кривизну и градиенты.

## ПУБЛИКАЦИИ

3 научные статьи

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

3 статьи в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

Перспективным уровнем описания свойств химических связей и специфических нековалентных взаимодействий в кристаллах остается субатомный уровень – уровень распределения электронной плотности. Квантово-химические методы получения распределения электронной плотности в кристаллах и функций на основе ее градиентов видятся как фундаментальная основа для разработки моделей и уравнений, направленных на прогноз свойств кристаллов, в частности, эластичности и проводимости.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➊ Систематизация и категоризация химических связей на основе обобщенной методологии оценки их энергии в системах с нековалентными взаимодействиями разного сорта: халькогенными (ChB), пниктогенными (PnB), галогенными (XB) и тетрельными (TB) связями.
- ➋ На основе расчетных волновых функций произвести вычисления локальных и интегральных характеристик электронной плотности и разработать электронный критерий для категоризации нековалентных связей в кристаллах.

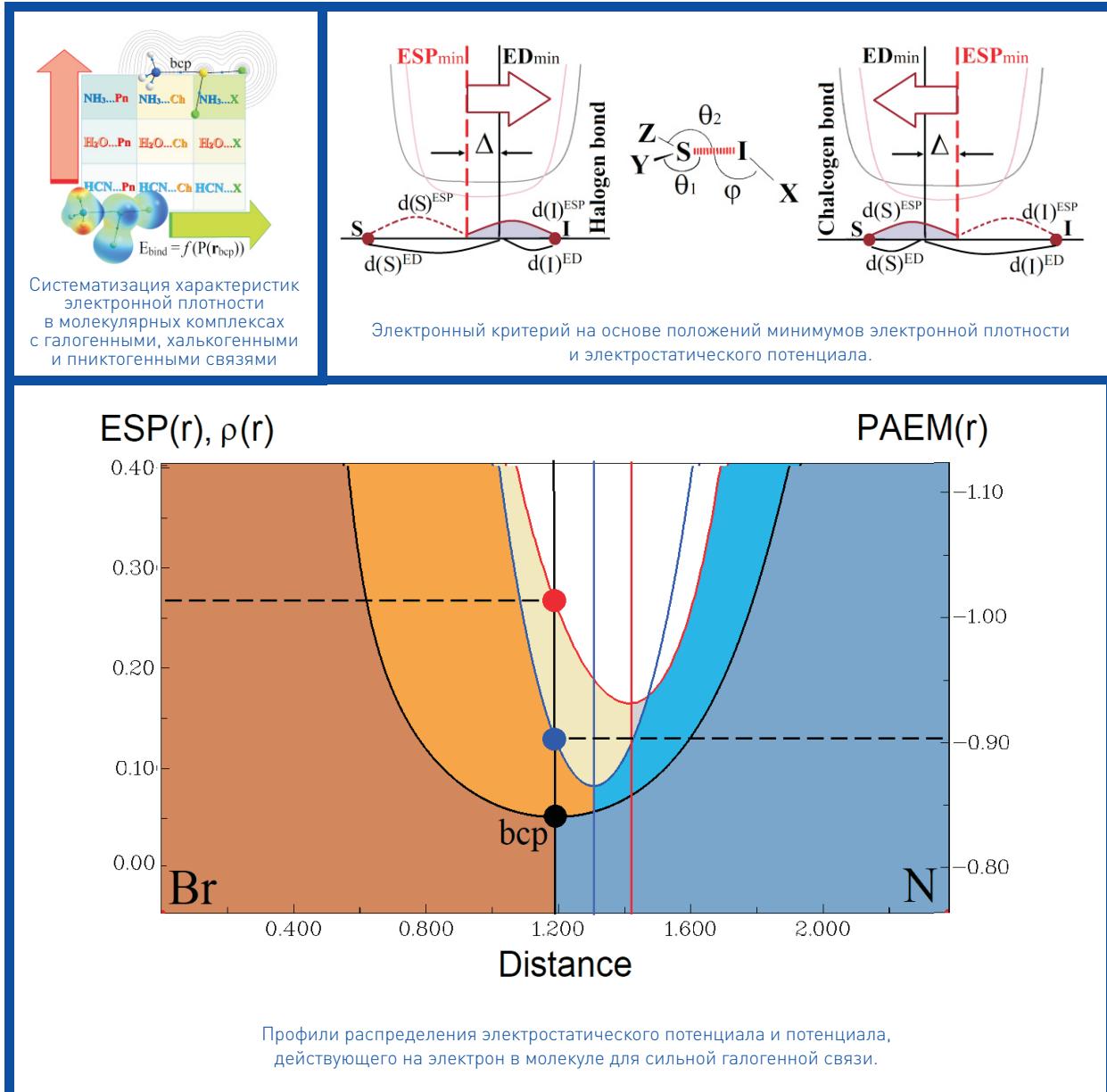
- ➌ Исследование возможности использования функции потенциала, действующего на электрон в молекуле (РАЕМ), для описания свойств нековалентных связей.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019г.

- Сформулирован и проверен на обширных рядах S-I содержащих органических кристаллов предложенный на предыдущем этапе проекта электронный критерий, подходящий для категоризации типа нековалентных взаимодействий в молекулярных и кристаллических системах. Формулировка критерия для нековалентных связей с выраженной электростатической компонентой: «Минимум функции электростатического потенциала, рассчитанный вдоль прямой линии между двумя нековалентно связанными атомами, всегда будет находиться ближе электронодонорному фрагменту, в то время как минимум функции электронной плотности будет располагаться ближе к атому, предоставляющему свой электрофильный сайт ( $\sigma$ -дырку) и определяющему название связи».
- Найдено, что функция потенциала, действующего на электрон в молекуле (РАЕМ), отлично подходит

как для количественной оценки свойств нековалентных связей, так и для качественной иллюстрации анизотропии свойств внешней электронной оболочки атомов, способных к структурообразующему нековалентному связыванию.

- Установлены закономерности изменения параметров в эмпирических уравнениях, призванных прогнозировать энергетические характеристики нековалентного связывания в рядах с халькогенными (ChB), пниктогенными (PnB), галогенными (XB) и тетрельными (TB) связями.



# КОРРЕЛЯЦИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В МОНОКРИСТАЛЛАХ И КЕРАМИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ ГЕКСАФЕРРИТОВ М-ТИПА С ГЕТЕРОВАЛЕНТНЫМ ДИАМАГНИТНЫМ ЗАМЕЩЕНИЕМ

Руководитель проекта – доктор химических наук, доцент Д.А. Винник

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Проведение систематических исследований особенностей кристаллической структуры и магнитных характеристик полученных разными методами образцов гексаферритов.

## ПУБЛИКАЦИИ

1 научная статья

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

1 статья в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Разработка стабильных методик выращивания монокристаллов и синтеза керамических образцов  $\text{BaFe}_3+12-2x\text{Fe}_{2+x}\text{Ti}_{4+x}019$  (где  $0 \leq x \leq 1,5$ ).
- ➋ Разработка термодинамической модели образования  $\text{BaFe}_3+12-2x\text{Fe}_{2+x}\text{Ti}_{4+x}019$  в результате кристаллизации сложного расплава, а также в ходе твердофазного синтеза.
- ➌ Проведение исследований особенностей кристаллической (методом дифракции рентгеновского излучения) и магнитной (методом Мессбауэровской спектроскопии) структуры образцов монокристаллов и керамических образцов  $\text{BaFe}_3+12-2x\text{Fe}_{2+x}\text{Ti}_{4+x}019$  (где  $0 \leq x \leq 1,5$ ).
- ➍ Проведение исследований влияния термобарических воздействий в процессе синтеза образцов  $\text{BaFe}_3+12-2x\text{Fe}_{2+x}\text{Ti}_{4+x}019$  (где  $0 \leq x \leq 1,5$ ) на особенности их кристаллической структуры.
- ➎ Проведение исследований магнитных характеристик образцов монокристаллов и керамических образцов  $\text{BaFe}_3+12-2x\text{Fe}_{2+x}\text{Ti}_{4+x}019$  (где  $0 \leq x \leq 1,5$ ) в широком диапазоне температур и внешних магнитных полей.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Результаты изучения корреляции особенностей кристаллической структуры и магнитных характеристик в монокристаллах и керамических образцах гексаферритов М-типа с гетеровалентным диамагнитным замещением.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Изучение особенностей кристаллической и магнитной структур для образцов с идентичным химическим составом, но полученных различными методами (монокристаллы и керамика), позволит объяснить влияние микроструктурных параметров на магнитные и электродинамические характеристики. Проведение комплексных исследований корреляции кристаллической структуры, магнитных свойств и электромагнитных характеристик в замещенных гексаферритах  $\text{BaFe}_3+12-2x\text{Fe}_{2+x}\text{Ti}_{4+x}019$  (где  $0 \leq x \leq 1,5$ ), обусловленных таким квантово-механическим эффектом, как кроссовер спиновых состояний, является достаточно актуальной фундаментальной задачей физики магнитных явлений сложных оксидов. Таким образом, обе идеи, заложенные в проекте, являются актуальными и фундаментальными.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

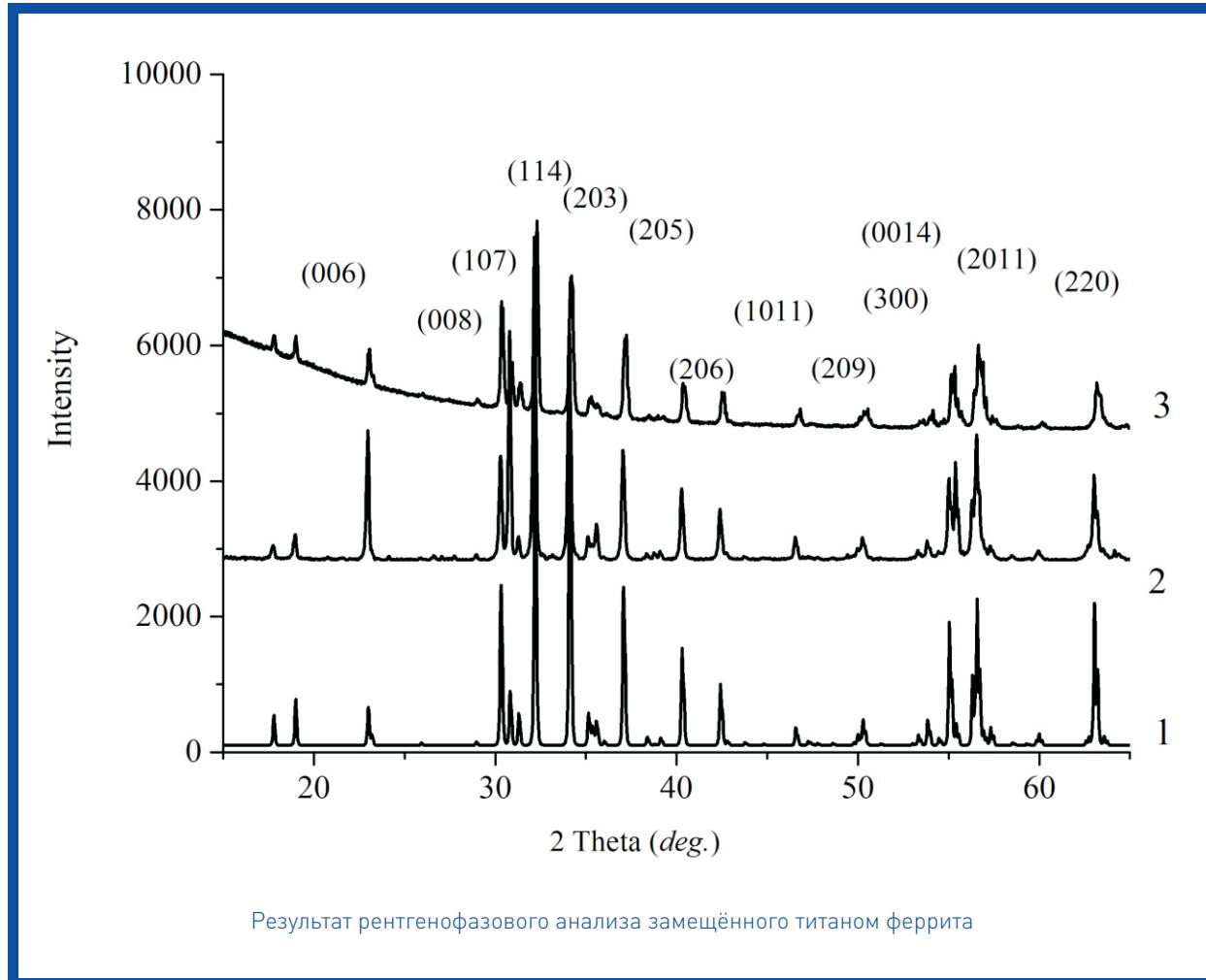
- Методики получения образцов  $\text{BaFe}_{3+12-2x}\text{Fe}_{2+x}\text{Ti}_{4+x}\text{O}_{19}$  (где  $0 \leq x \leq 1,5$ ) методами твердофазного синтеза и выращивания из расплавов.
- Образцы  $\text{BaFe}_{3+12-2x}\text{Fe}_{2+x}\text{Ti}_{4+x}\text{O}_{19}$  (где  $0 \leq x \leq 1,5$ ) как в форме монокристаллов, так и в форме керамики, полученной методом твердофазного синтеза.

- Результаты исследования кристаллической структуры синтезированных образцов.
- Исследование влияния условий получения экспериментальных образцов на особенности их кристаллической структуры.



## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

- Лаборатория физики магнитных плёнок  
ГО «НПЦ НАН Беларусь по материаловедению».



# ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ, РЕАЛИЗУЮЩИЕСЯ В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМАХ, ИМЕЮЩИХ СТРУКТУРУ ГЕКСАФЕРРИТОВ М-ТИПА

Руководитель проекта – О.В. Зайцева

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение возможности и условий образования кристаллических твёрдых многокомпонентных растворов со структурой гексаферритов М-типа в высоконентропийных оксидных системах.

## ПУБЛИКАЦИИ

12 научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

3 статьи в Scopus

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

В рамках проекта планируется изучить системы, состав которых может быть выражен обобщённой формулой  $MeR_{12}O_{19}$ . В этой формуле Me – Ba, Pb, Sr, Ca, Zn, а R – Fe, Mn, Co, Ni, Al, Ti, Cr, In.

К числу систем, которые обязательно войдут в набор исследуемых, относятся:  
 $(Ba, Pb, Sr, Ca, Zn)Fe_{12}O_{19}$   
 $Ba(Fe, Mn, Ni, Ti, Al)_{12}O_{19}$   
 $(Ba, Pb, Sr,)(Fe, Mn, Ni, Ti, Al)_{12}O_{19}$   
 $(Ba, Pb, Sr, Ca, Zn) (Fe, Mn, Al)_{12}O_{19}$ .

Состав других систем будет определяться и уточняться, опираясь на результаты исследования первых полученных образцов.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- Информация о составах многокомпонентных оксидных систем, в которых образуются кристаллические твёрдые растворы, имеющие структуру гексаферритов М-типа.

- Результаты исследования температурных и концентрационных границ стабильности таких растворов.
- Результаты экспериментального исследования магнитных и электродинамических характеристик твёрдых растворов, имеющих структуру гексаферритов М-типа. Термодинамическая модель твёрдых растворов, имеющих структуру гексаферритов М-типа.
- Разрезы фрагментов фазовых диаграмм исследованных систем.
- Рекомендации по использованию результатов работы в ходе совершенствования процесса выращивания ферромагнитных монокристаллов из оксидных расплавов.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

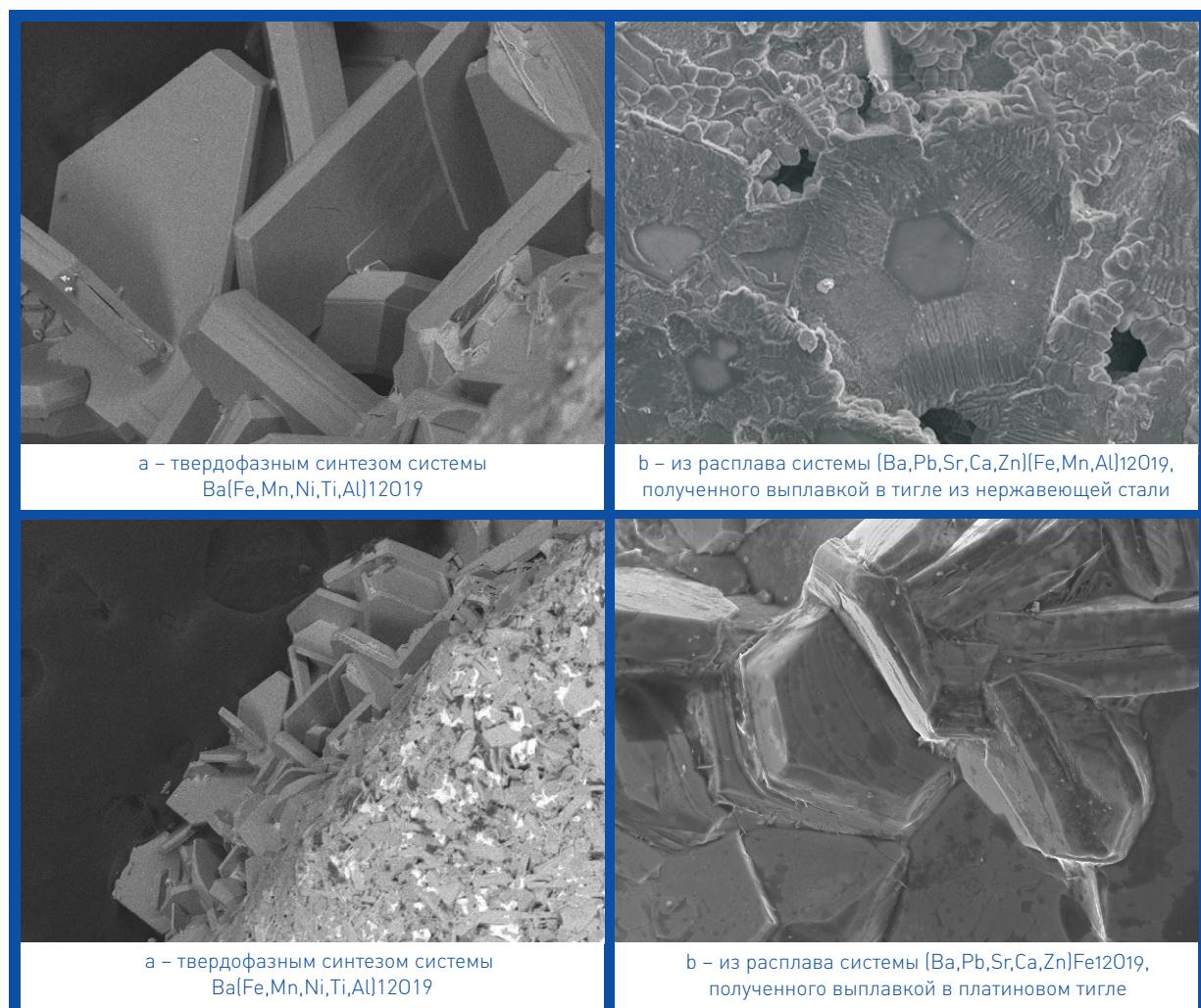
Исследование позволит получить результаты, которые, безусловно, будут востребованы в ходе прикладных исследований, направленных на создание материалов для деталей и устройств электроники, в т. ч. СВЧ-диапазона.



# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

- Проведены эксперименты по получению образцов высокоэнтропийных систем со структурой гексаферритов скорректированного состава, включающих выплавку и термообработку образцов.
- Исследована (методами электронной микроскопии) структура полученных образцов с целью подтверждения состава твёрдых растворов и определение возможности образования фаз с меньшим числом компонентов.
- Изучены полученные образцы методами рентгенофазового анализа (с целью определения характеристик кристаллической структуры), а также изучены их термические стабильности и физические характеристики.
- Продолжены начатые ранее работы по разработке термодинамических моделей и определению значений модельных параметров для обнаруженных твёрдых растворов.
- Проведены работы, направленные на изучение возможности выращивания из расплава высокоэнтропийных монокристаллов, имеющих структуру гексаферритов.
- Подготовлены тексты публикаций в научной периодической печати, в рамках которых отражены результаты работ над проектом. Также результаты работ представлялись на международных научных конференциях.

## МИКРОФОТОГРАФИИ ГЕКСАГОНАЛЬНЫХ КРИСТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ:



# РАЗРАБОТКА СЛОИСТЫХ БРОНЕВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОСНОВАННЫХ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ С КЕРАМИЧЕСКИМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ, ОБЛАДАЮЩИМИ НЕВЫРАЖЕННЫМИ ГРАНИЦАМИ РАЗДЕЛА СЛОЕВ

Руководитель проекта – кандидат технических наук А.Н. Аникеев

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выявление условий взаимодействия дисперсных частиц карбидов с расплавами различного состава с целью разработки нового поколения бронематериалов, применимых в качестве пассивной противопульной защиты бронетехники.

## ПУБЛИКАЦИИ

8 научных статей

4 доклада на международных конференциях

2 патента

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

80 статей в Scopus/WOS. РИНЦ

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ⇒ Анализ существующих в России и за рубежом технологий создания бронематериалов, применяемых в качестве пассивной противопульной защиты.
- ⇒ Подбор различных сочетаний пар «дисперсная частица – металлическая матрица», которые будут использоваться при разработке материалов.
- ⇒ Расчеты термодинамических параметров фазовых равновесий, полученные в результате моделирования физико-химических процессов, устанавливающихся в металлическом расплаве при введении дисперсных частиц карбидов.
- ⇒ Проведения ряда экспериментов по моделированию распределения выбранных дисперсных частиц по объему кристаллизующегося металлического расплава в условиях центробежных сил.
- ⇒ Проведения серии натурных экспериментов по получению экспериментальных бронематериалов.
- ⇒ Разработка режимов глубокой пластической деформации и термической обработки полученных опытных бронематериалов.
- ⇒ Разработка рекомендаций по получению новых бронематериалов на предприятиях metallurgии, машиностроения, имеющих в своем распоряжении соответствующее оборудование.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

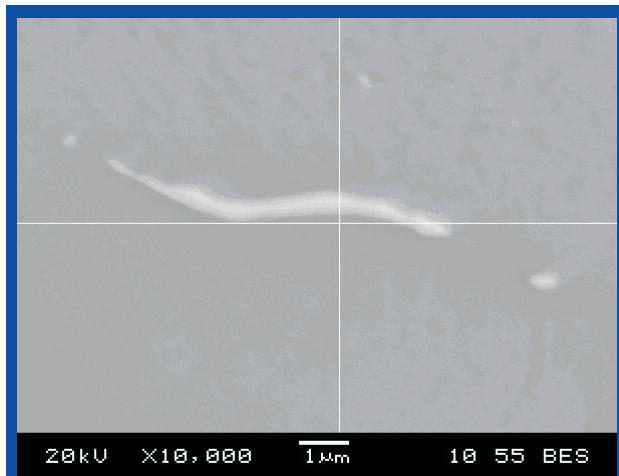
- ⇒ Показатели существующих бронематериалов.
- ⇒ Термодинамические параметры фазовых равновесий, устанавливающихся в металлическом расплаве при введении дисперсных частиц карбидов в диапазоне температур 600–1800 °C.
- ⇒ Данные о степени распределения дисперсных частиц в объеме центробежнолитой заготовки.
- ⇒ Зависимости изменения прочностных характеристик полученного материала в литом состоянии от типа и количества введенных дисперсных карбидов, последовательности введения частиц.
- ⇒ Лабораторный технологический регламент по изготовлению экспериментальных образцов, требования к оборудованию на предприятии, к использующимся материалам, режимам пластической деформации, термообработки.
- ⇒ Рекомендации по получению новых бронематериалов на предприятиях metallurgии, машиностроения и /или ВПК, имеющих в своем распоряжении соответствующее технологическое оборудование.

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

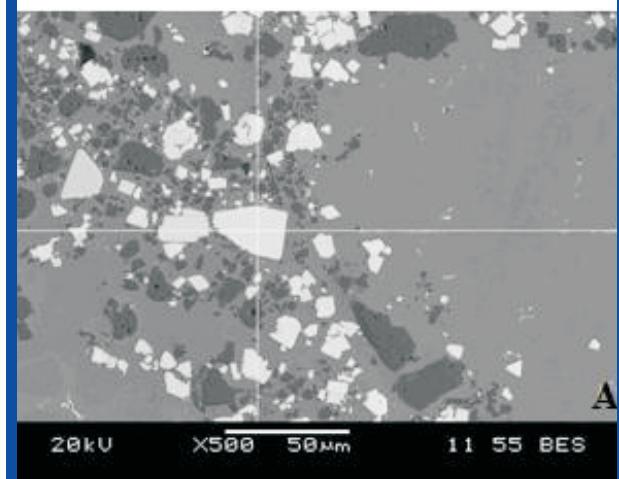
Полученные результаты за отчетный период будут использоваться и послужат исходными точками в дальнейших работах при проведении металлографических исследований полученных материалов, их механических свойств, разработка режимов их пластической деформации и термической обработки. Также с полученными экспериментальными бронематериалами будут проведены баллистические испытания. На основе уже полученных результатов и результатов, которые будут получены в дальнейшем, будет произведена корректировка технологии и разработка рекомендаций для получения бронематериалов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

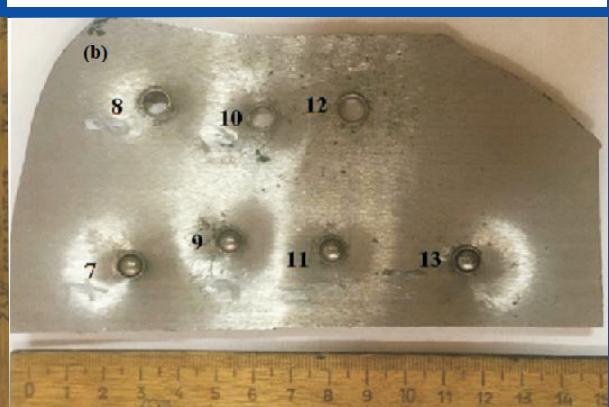
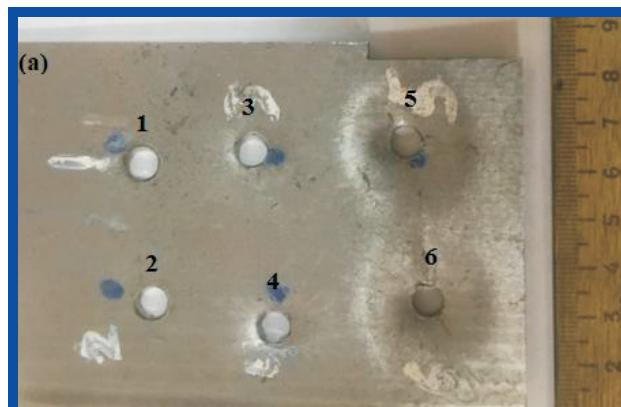
- Металлографические исследования.
- Исследования физико-механических свойств.
- Разработка режимов пластической деформации и термической обработки.
- Баллистические испытания.
- Корректировка технологии, разработка рекомендаций.



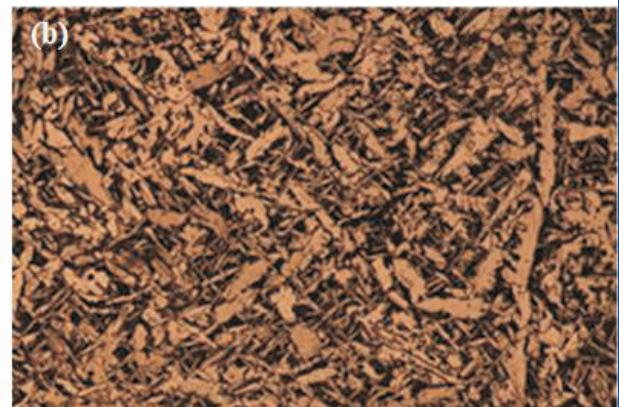
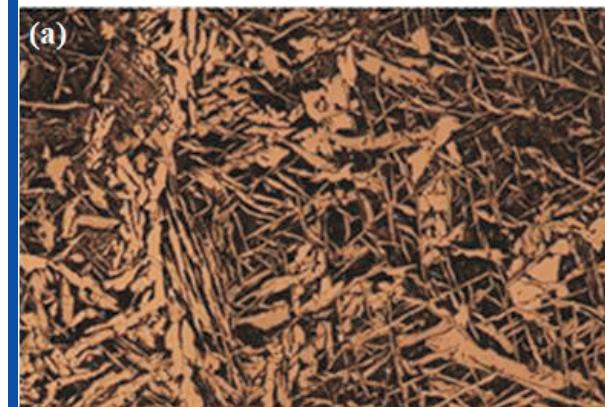
Частицы WC, обнаруженные в структуре отливки 2, ×10000



Частицы WC, обнаруженные в образце 1, ×500



Внешний вид экспериментальных образцов после испытаний на отстрел



Микроструктура полученных отливок

# СОЗДАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ И ЭКОЛОГИЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ТВЕРДОХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

Руководитель проекта – доктор технических наук, доцент Д.В. Ардашев

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

**Повышение энергоэффективности и экологичности процесса хромирования деталей цилиндрической формы на основе разработки новой технологии замкнутого цикла нанесения покрытий.**

## ПУБЛИКАЦИИ

**6** научных статей

**2** патента

**5** докладов на научных конференциях

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

**6** статей в Scopus

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➲ Проведение работ по подготовке лабораторной камеры для проведения экспериментальных исследований по нанесению хромовых покрытий и отработки технологии хромирования.
- ➲ Исследование влияния состава и структуры электролита, а также параметров процесса на характеристики получаемого продукта.
- ➲ Разработка технологии нанесения твердохромового покрытия с учетом требований по энергоэффективности и экологичности процесса.
- ➲ Разработка и изготовление:
  - лабораторной установки с неподвижной электролитической ванной для хромирования заготовок диаметром до 140 мм, длиной до 1000 мм;
  - лабораторной установки с подвижной электролитической ванной для хромирования заготовок диаметром до 320 мм, длиной до 2400 мм;
  - промышленного комплекса с подвижной электролитической ванной для хромирования заготовок диаметром до 320 мм, длиной до 4000 мм.
- ➲ Исследования традиционных и экспериментальных образцов с хромовым покрытием. Исследование взаимодействия опытных лабораторных установок и комплекса с окружающей средой.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➲ Общая компоновка и конструкция опытного образца лабораторной установки с неподвижной электролитической ванной для хромирования заготовок диаметром до 140 мм, длиной до 1000 мм.
- ➲ Общая компоновка и конструкция опытного образца лабораторной установки с подвижной электролитической ванной для хромирования заготовок диаметром до 320 мм, длиной до 2400 мм.
- ➲ Общая компоновка и конструкция опытного образца промышленного комплекса для хромирования заготовок диаметром до 320 мм, длиной до 4000 мм (с возможностью последующего увеличения до 8000 мм).
- ➲ Специализированный опытный лабораторно-производственный участок с обеспечением технологическим оборудованием хромирования, а также:
  - комплексом выпрямителей тока;
  - установкой подготовки / финишной обработки поверхности заготовки;
  - системой загрузки заготовок / выгрузки деталей;
  - системой складирования заготовок / деталей;
  - системой защиты окружающей среды;
  - измерительным комплексом для анализа качества хромирования.
- ➲ Экспериментальные образцы с твердохромовым покрытием.

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В настоящее время предприятием освоена энергосберегающая технология нанесения хромовых покрытий на детали диаметром до 80 мм и длиной до 1200 мм, однако большой объем перспективных заказов и успешное взаимодействие с ключевыми предприятиями отрасли, такими как ОАО «ММК», АО «ЕВРАЗ НТМК», требует разработки и внедрения технологии нанесения покрытий на детали диаметром до 320 мм и длиной до 4000 мм.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

- Изготовлен опытный образец промышленного комплекса хромирования образцов деталей цилиндрической формы диаметром до 320 мм, длиной до 4000 мм.  
Изготовлены экспериментальные образцы с твердохромовым покрытием, диаметром 140...320 мм, длиной 2000 мм и 4000 мм.
- Комплекс вспомогательного оборудования для обслуживания лабораторных установок и промышленного комплекса хромирования.
- Разработаны программы и методики проведения исследовательских испытаний образцов с твердохромовым покрытием, а также экспериментальных исследова-

ний влияния процесса хромирования на окружающую среду.

Проведены исследовательские испытания экспериментальных образцов с твердохромовым покрытием диаметром 140...320 мм, длиной 2000 мм и 4000 мм, а также экспериментальные исследования влияния процесса нанесения твердохромового покрытия по экспериментальной технологии хромирования на окружающую среду.

Выполнены:

- оценка технико-экономической эффективности и социальной значимости результатов ПНИЭР.
- общение и оценка полученных результатов ПНИЭР.
- оценка полноты решения задач и достижения поставленных целей ПНИЭР
- технико-экономическая оценка рыночного потенциала полученных результатов.

Разработаны:

- предложения и рекомендации по использованию результатов ПНИЭР.
- технологический регламент нанесения твердохромовых покрытий.
- технические требования и предложения по организации и методике выполнения процесса нанесения твердохромового покрытия с учетом особенностей и возможностей индустриального партнера.
- ТЗ на выполнение НИОКР по теме «Разработка технологии и оборудования промышленного нанесения твердохромовых покрытий на цилиндрические заготовки длиной до 8000 мм».

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

- ООО «Уральский инжиниринговый центр», г. Челябинск

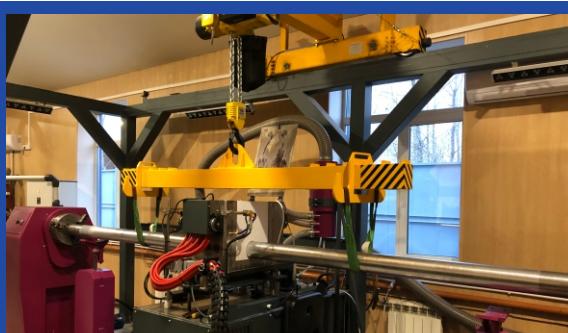


Рис. 1. Промышленный комплекс хромирования деталей диаметром до 320 мм, длиной до 4000 мм



Рис. 2. Система фильтрации



Рис. 3. Пульт управления комплексом хромирования

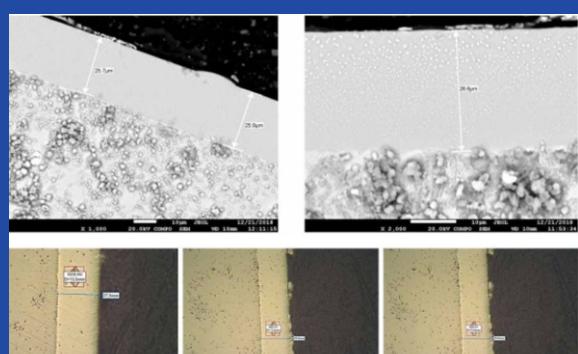


Рис. 4. Твердохромовое покрытие



## ЭКОЛОГИЯ

## ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЗАДАНИЕ

# ИССЛЕДОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ СИНТЕЗЕ И ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ БОРОСИЛИКАТНЫХ СТЕКЛОСОДЕРЖАЩИХ МАТРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Руководитель проекта – доктор химических наук В.Е. Еремяшев

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Теоретическое и экспериментальное исследование процессов кристаллизации, протекающих в структуре многокомпонентных боросиликатных матричных материалов при их высокотемпературном синтезе и в процессе длительного хранения.

## ПУБЛИКАЦИИ

12 научных статей

1 патент

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

9 статей в Scopus/WoS

ЗАДАЧА  
ПРОЕКТА

Проект посвящён развитию теоретических основ синтеза и исследованию стеклосодержащих матричных материалов для иммобилизации радиоактивных отходов. Высокая востребованность и актуальность исследований в данной области определяется необходимостью дальнейшего поиска способов безопасной переработки и хранения отходов ядерной энергетики. Недостаточная термическая и гидротермальная устойчивость существующих матричных материалов для захоронения радиоактивных отходов и необходимость увеличения ёмкости матричных материалов по отношению к радиоактивным элементам определяют необходимость продолжения поиска новых модификаций матричных матриц для захоронения радиоактивных отходов.

ОЖИДАЕМЫЕ  
РЕЗУЛЬТАТЫ  
ПРОЕКТА

Исследование базируется на представлении о том, что недостатки массово применяемых стеклосодержащих матричных материалов могут быть устранены на стадии синтеза контролируемым увеличением их раскристаллизованности за счет правильно подобранных добавок различных компонентов и методов термообработки. Получаемые стеклокерамические материалы будут демонстрировать большую устойчивость при длительном

хранении за счёт большей стабильности установившихся фазовых равновесий с участием кристаллических фаз. Полифазность полученных материалов будет способствовать большей их ёмкости по отношению к более широкому набору радиоактивных изотопов.

ПЕРСПЕКТИВЫ  
ПРАКТИЧЕСКОГО  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Значимость полученных результатов определяется важностью исследования материалов, применяемых для решения проблем технологий атомной энергетики в части безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом. По результатам проекта будут сформированы положения, определяющие характер процессов, протекающих в матричных материалах при иммобилизации радиоактивных отходов, и рекомендации по совершенствованию составов и условий использования стеклокерамических материалов для иммобилизации радиоактивных отходов.

Основным научным результатом проводимых исследований является возможность определения рациональных подходов к созданию технологических решений, направленных на повышение качества и безопасности переработки радиоактивных отходов. Все это, в свою очередь, будет способствовать улучшению экологической обстановки в регионах и на предприятиях, задействованных в глубокой переработке и утилизации радиоактивных и токсичных отходов.

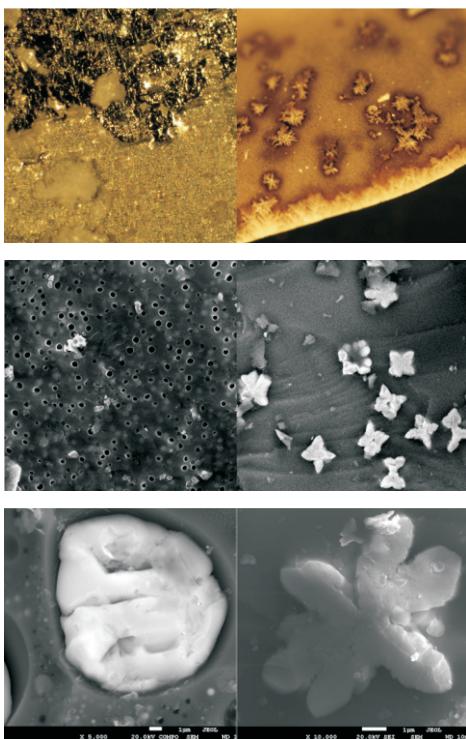
# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

- Выполнен синтез новых серий стеклосодержащих боросиликатных матричных материалов широкого спектра составов.
- Методами ЯМР, КРС и ИКС установлены структурные особенности синтезированных материалов.

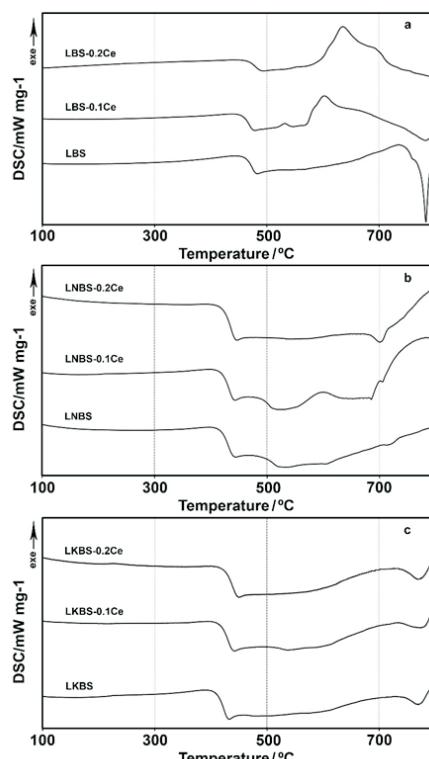
- Методом дифференциальной сканирующей калориметрии выполнено исследование влияния добавок оксидов молибдена и церия на термические свойства и кристаллизационную способность высокощелочных боросиликатных стекол.
- Апробированы способы упрочнения металлокерамических материалов, используемых для изготовления контейнеров для длительного хранения стеклосодержащих матричных материалов.

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

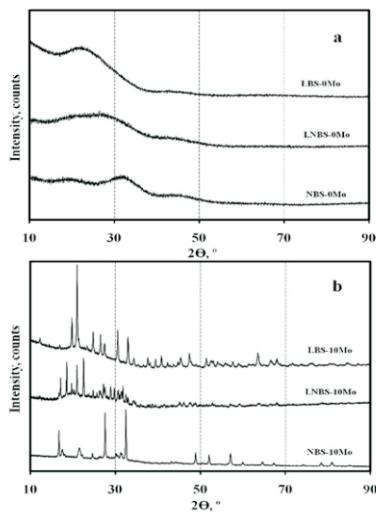
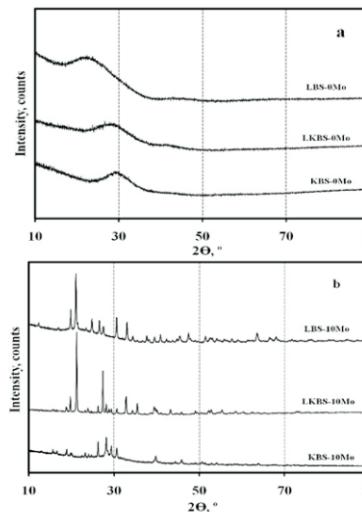
- Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии Уральского отделения Российской академии наук.



Фазы, формирующиеся на поверхности молибден- и церийсодержащих образцов матричных материалов



Термограммы образцов, полученные методом ДСК



Рентгенограммы образцов матричных материалов до и после термообработки

# ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА КОМПОЗИЦИОННЫХ МИНЕРАЛИЗАТОРОВ СОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И РАДИОНУКЛИДОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Руководитель проекта – доктор химических наук, доцент Д.А. Винник

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование и выбор рецептурно-технологических факторов и синтез образцов заданного химического состава твердых растворов с широкой областью гомогенности.

## ПУБЛИКАЦИИ

2 научные статьи

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

2 статьи в Scopus/WoS

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➲ Выбор рецептурно-технологических факторов для получения опытной лабораторной партии композиционного минерализатора.
- ➲ Изготовление опытной лабораторной партии материала.
- ➲ Испытание минерализатора на кислых промышленных стоках и загрязненных тяжелыми металлами почвах.
- ➲ Анализ полученных результатов и выработка рекомендаций по использованию минерализатора.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Результатом проекта будет являться синтез агрегированного композиционного материала минерализатора с заданной структурной и фазовой неоднородностью, обеспечивающей наличие на поверхности центров для концентрирования катионов и анионов в виде устойчивых структурных и фазовых образований. Такими свойствами обладают системы на основе смешанных оксидов кальция, кремния и алюминия, способные образовывать твердые растворы замещения при взаимодействии с солевыми растворами тяжелых металлов. Минерализатор будет являться основой для разработки новых экологических технологий,

необходимых для реабилитации протяжённых территории и водоёмов, загрязнённых промышленными стоками горнодобывающей и металлургической промышленности.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Результаты исследований по синтезу материалов-минерализаторов являются основой для разработки новых экологических технологий, аналогичных природным процессам, позволяющим решить глобальную проблему по утилизации промышленных отходов. При этом тяжёлые металлы-загрязнители входят в структуру минерализатора, что полностью исключает их повторный переход в окружающую среду. Разработанные технологии могут быть использованы предприятиями малого и среднего бизнеса для производства нового вида материалов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 г.

- Выбраны рецептуры, технологические схемы и процессы изготовления опытной лабораторной партии композиционного минерализатора.

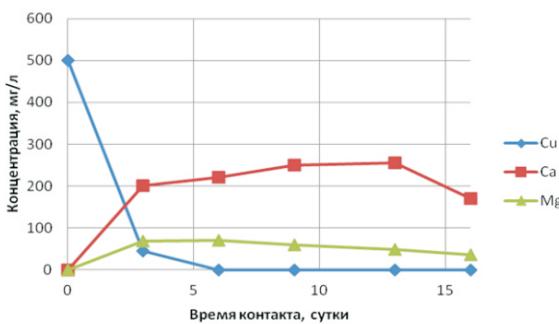
- Изготовлена опытная лабораторная партия материала.
- Проведено испытание минерализатора на природных объектах – загрязненных тяжелыми металлами водных объектах.
- Проведен анализ полученных результатов и уточнены технологические особенности применения композиционного минерализатора.

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

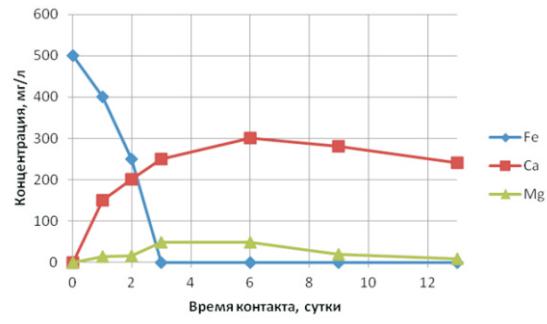
- ПАО «Комбинат «Магнезит».



Водоем в городе Карабаш,  
загрязненный тяжелыми металлами



a



б

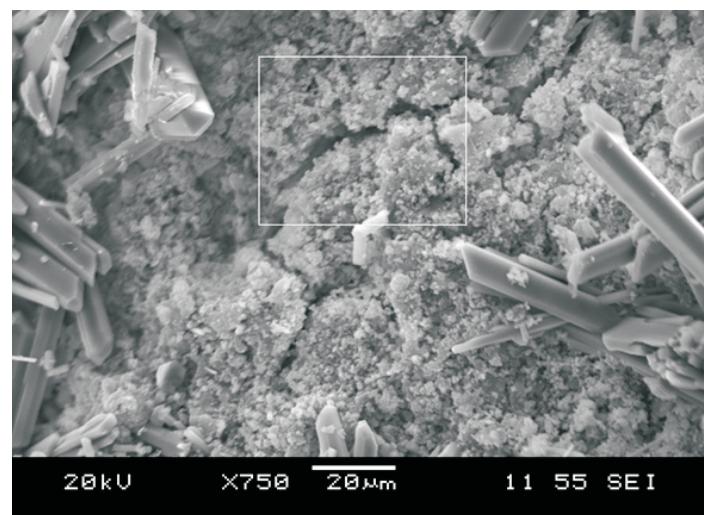
Панорамы полученных образцов после обработки давлением (а) и термической обработкой (б)



Внешний вид гранул комплексного минерализатора



Гранулы комплексного минерализатора  
после взаимодействия с загрязнителем



Минерализация катионов  $\text{Fe}^{2+}$  в твердом растворе мелилита

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СИНТЕЗА ПИЩЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ С АДАПТОГЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Руководитель проекта – доктор технических наук, профессор И.Ю. Потороко

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Проект направлен на разработку и внедрение биотехнологических подходов для получения растительных полуфабрикатов с повышенным содержанием функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ) и их применение в производстве продуктов питания с адаптогенными свойствами. Выполнение проекта осуществляется с использованием методов молекулярной биотехнологии в секторе агропромышленных технологий, тематическая область «Пищевые биотехнологии», на основе прорывного направления в рамках программы развития «Биотехнологии – 2030».

## ПУБЛИКАЦИИ

38 научных статей

7 патентов

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

26 статей в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Разработка технологии повышения биодоступности и биоактивности ФПИ на основе ультразвукового воздействия (УЗВ).
- ➋ Разработка технологии получения комплексных биокомпозитов на основе эффектов синергизма, оптимизированных по биодоступности и биоактивности.
- ➌ Опытно-промышленная апробация разработанных технологий получения биокомпозитов, нормативное их обеспечение.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

В результате выполнения проекта будут разработаны технологии эффективного извлечения функциональных пищевых ингредиентов. Полученные функциональные пищевые ингредиенты будут использованы в качестве основы для создания биокомпозитов, обладающих выраженным адаптогенным действием. Теоретические и экспериментальные исследования технологических свойств биокомпозитов ФПИ позволят разработать оптимальные рецептуры и технологии пищевых продуктов с адаптогенными свойствами.

Созданные лабораторные образцы адаптогенных пищевых продуктов в дальнейшем могут быть использованы для масштабной разработки, в том числе

в условиях реального производства, и коммерциализации инновационных разработок в пищевой отрасли.

Результаты проекта лягут в основу Программы развития производства продуктов здорового питания на основе инновационных пищевых ингредиентов в Уральском регионе на период до 2030 г. в рамках прорывного направления программы «Биотехнологии – 2030».

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

- ➊ Созданы принципиальные технологические схемы получения биокомпозитов ФПИ на основе технологии инкапсуляции в крахмальные полисахариды.
- ➋ Произведена опытно-промышленная апробация разработанных технологий получения биокомпозитов в рамках деятельности ООО «БиоТех».
- ➌ Разработаны и утверждены ООО «БиоТех» ТУ на производство растительных биокомпозитов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ- СКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

При реализации проекта получены результаты, вносящие вклад в решение одной из основных фундаментальных

проблем в области рационального природопользования – создание современных экологически ориентированных технологий переработки растительного сырья:

- созданы и апробированы инновационные технологии повышения биодоступности и биоактивности ФПИ (дгидрокверцетина и фукоидана) на основе сонохимической микронизации и инкапсуляции;
- с помощью оригинальных и усовершенствованных методик определены биохимические характеристики растительных биокомпозитов, выделены наиболее перспективные сочетания растительных ингредиентов для обеспечения максимальной биоактивности ФПИ, получены рабочие модели, адекватно описывающие свойства биокомпозитов.

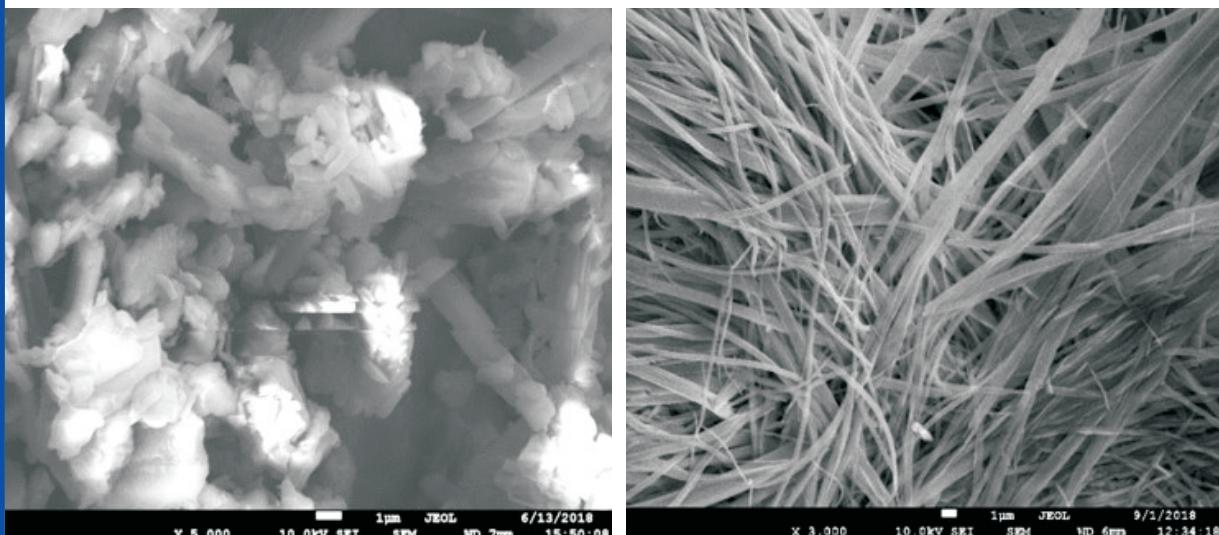
## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

### Коммерческие партнеры:

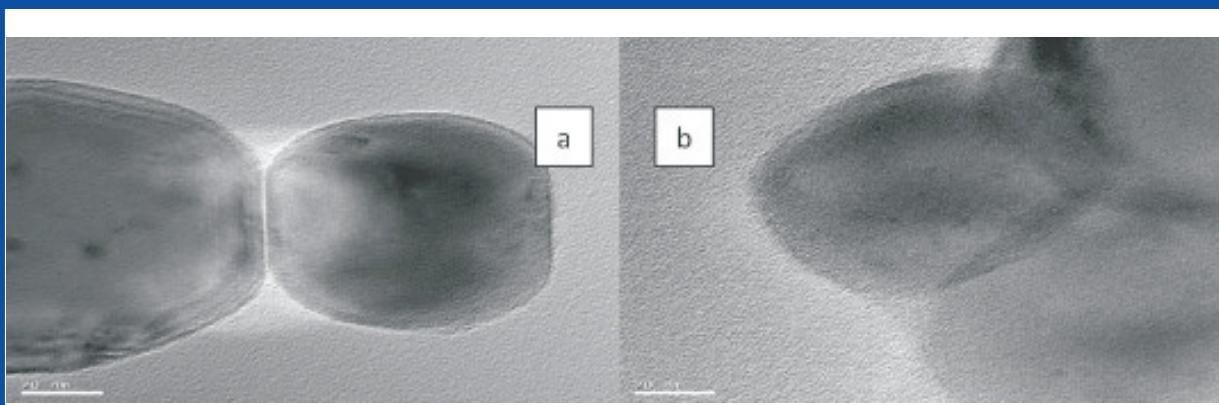
- ООО «БиоТех».
- ООО «ЗлатПроф».
- ООО «Боровое».
- АНО РКЦ по Уралу и Сибири.

### Научно-исследовательские лаборатории и вузы:

- Лаборатория «Тест-Пущино».
- Институт биофизики клетки РАН.
- Национальный технологический институт (г. Варангал, Индия).
- Далянский технологический институт, Китай.
- Медицинский университет Варны, Болгария.
- Шенъянский университет, Китай.
- Словацкий сельскохозяйственный университет, Словакия.



СЭМ микрофотографии исходной 98,9%-ной субстанции ДГК увеличение x5000:  
а – ДГК контроль; б – ДГКм



СЭМ микрофотографии наночастиц крахмала, загруженного аскорбиновой кислотой

# ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВОГО МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИЕЙ РОТОРА ГОРИЗОНТАЛЬНО-ОСЕВОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Руководитель проекта – доктор технических наук Е.В. Соломин

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка и исследование прецизионного, сверхчувствительного и легко внедряемого метода определения и устранения рассогласования угла ориентации горизонтально-осевой ветроэнергетической установки (ГО ВЭУ), косвенно оценивающего разницу коллинеарности вектора потока ветра и оси вращения ротора.

## ПУБЛИКАЦИИ

2

научные  
статьи

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

2

статьи  
в Scopus

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Исследование фундаментальных физических процессов, приводящих к рассогласованию угла ориентации ротора.
- ➋ Исследование метода управления, позволяющего устраниТЬ рассогласование угла ориентации ротора ГО ВЭУ.
- ➌ Исследование универсальности метода устранения рассогласования угла ориентации ротора ГО ВЭУ и возможностей снижения затрат на его внедрение.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

- ➊ 1-й год: УГТ-1. Теоретическое обоснование применения технологии, выявление базовых принципов, лежащих в основе создания новой технологий). Планируемый результат: новые знания о путях и методах решения задач. Научная значимость заключается в получении существенных и важных для мировой науки новых знаний. Прикладная значимость заключается в использовании этих знаний для создания математической модели ВЭУ, описывающей процесс возникновения рассогласования угла ориентации ГО ВЭУ.
- ➋ 2-й год: УГТ-2. Формулирование концепции технологии, научное обоснование концепции, поиск технологических подходов к реализации концепции, выявление преимуществ перед альтернативными подходами, определение целесообразности дальнейшего развития технологической концепции и оценка рисков ее реализации).

Планируемый результат: способы и методы применения изученных ранее явлений и полученных знаний для решения практических задач, изложение результатов в научно-техническом отчете о научно-исследовательской работе. Научная значимость заключается в создании важных для мировой науки новых знаний в виде алгоритмов устранения рассогласования угла ориентации любой без исключения ГО ВЭУ. Прикладная значимость заключается в использовании этих знаний для создания программного обеспечения, реализующего алгоритм устранения рассогласования угла ориентации ГО ВЭУ.

- ➌ 3-й год: УГТ-3 (стадия разработки на момент окончания проекта). Доказательства концепции, создание отдельных элементов технологии, лабораторные исследования отдельных элементов технологии, их моделирование и тестирование. Планируемый финал фундаментальных исследований – проверка работоспособности программного обеспечения на действующих ГО ВЭУ стокиловаттного и/или мегаваттного класса, входящих в ветропарки ГУП Республики Крым «Крымские генерирующие системы», итоговый научно-технический отчет о результатах научно-исследовательских работ, патентование технических решений, выпуск публикаций. Научная значимость заключается в универсализации созданных решений, что является важным для мировой ветроиндустрии и создает предпосылки для существенного экономического эффекта. Прикладная значимость заключается в тиражировании созданного программного обеспечения в мировом масштабе.

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Прикладная значимость заключается в тиражировании созданного программного обеспечения в мировом масштабе.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

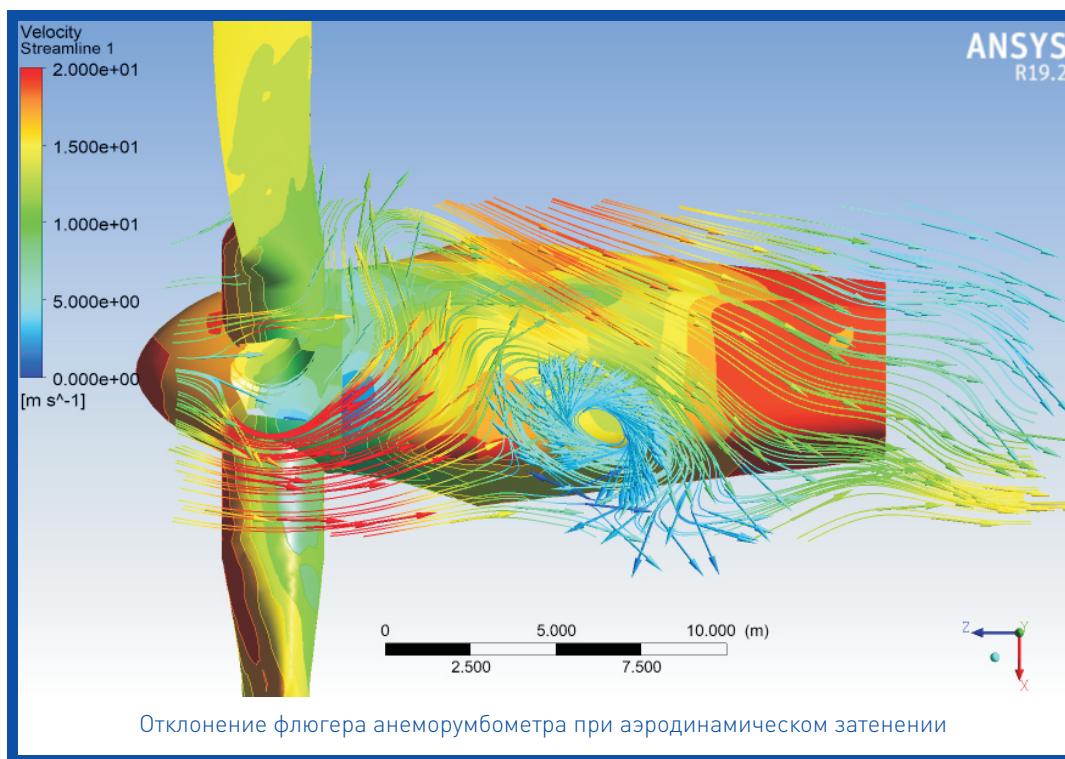
- Выявлены все известные способы снижения дифференциальной ошибки ориентации ротора, проведен анализ эффективности каждого из способов и методов ориентации, а также анализ определения величины рассогласования угла ориентации и ее влияния на выработку электроэнергии. Сделан вывод о том, что в большинстве эксплуатируемых ГО ВЭУ из-за отсутствия своевременной и точной информации о набегающем потоке и, как следствие, недостаточной скорости отклика и точности управления ориентацией, ротор турбины часто оказывается неверно ориентированным на направление ветра в пределах  $\pm 10\text{--}20$  градусов. Важным выводом является факт, что ошибка ориентации от анеморумбометра, установленного на гондоле, не зависит от скорости (частоты) вращения ротора, поскольку, как правило, система управления задает ротору определенную быстротходность. На долю простоев по ошибке ориентации приходится 13,3 % времени, а на долю поиска (поиска верного угла) – более 12,5 %.
- Проведено углубленное теоретическое и практическое изучение стратегий управления ориентацией. Разработка математической (компьютерной) модели алгоритма точного определения рассогласования угла ориентации (2–5-й мес., все исполнители).

Проблема аналитически описана в виде возникновения косинусоидальной ошибки угла

отклонения потока от вертикальной плоскости, проходящей через ось вращения ротора. Исследованы существующие компьютерные модели систем ориентации ГО ВЭУ, выявлены преимущества и недостатки известных подходов, выработана концепция нового метода снижения ошибки ориентации ротора. Обоснован выбор программного обеспечения для проведения аэродинамических исследований [создание 3D-модели в SolidWorks с экспортом в Ansys CFX и Ansys Fluent], обоснован выбор сегмента конструкции ротора, подлежащий исследованию (зона над гондолой, место установки анеморумбометра), обоснован выбор конкретной модификации ГО ВЭУ (SWT-3.6-120 производства компании Siemens как наиболее характерной и распространенной конструкции). Построена 3D-модель в пакете SolidWorks с соответствующими настройками, проведены предварительные аэродинамические продувы стандартных элементов для проверки адекватности настроек, а затем продувы выбранной конструкции в стационарном режиме. Получены результаты продувов ротора с различными положениями лопасти (подход-отход лопасти к и от вертикали  $-60 \dots +60$  градусов с шагом 5 градусов [вид на ротор сзади]), скорость потока 12 м/с, скорость вращения 1,0285 рад/с (согласно быстротходности выбранной ГО ВЭУ). С помощью замеров получены углы отклонения потока в точке нахождения анеморумбометра. Анализ показывает, что колебания угла отклонения потока составляют от  $+2$  до  $+17$  от вертикали. Аналогичные продувы при тех же условиях проведены в пакете Ansys CFX в стационарном режиме. Результаты получены более точные, поскольку в данном пакете имеется возможность определения не только направления потоков по стримлинам с визуализацией вихреобразования, но и измерения скорости потоков [это серьезно облегчает анализ, так как влияние на флюгер анеморумбометра оказывают не все потоки, а лишь наиболее быстрые из них, обладающие большей кинетической энергией].

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

- ГУП Республики Крым «Крымские генерирующие системы».



# ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ СЕРОТОНИНЕРГИЧЕСКИХ НЕЙРОНОВ ПРИ СИНДРОМЕ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИХ СТРЕССОРНЫХ РАССТРОЙСТВ

Руководитель проекта – доктор медицинских наук О.Б. Цейлиkmан

ЦЕЛЬ РАБОТЫ	
Определение влияния серотонинергических нейронов на активность цитохрома P450 при ПТСР.	
ПУБЛИКАЦИИ	13 научных статей
ИНДЕКСИРОВАНИЕ	
6	статьей в Scopus
5	статьей в Web of Science
5	статьей в ERICH PLUS

# ЗАДАЧА ПРОЕКТА

## Исследование роли серотонинергических нейронов в ограничении прогрессии ПТСР.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

## Выявление критических точек в развитии ПТСР.

- ⇒ Обнаружение корреляции между активностью микросомальных ферментов печени и выраженностью поведенческих расстройств при ПТСР.
  - ⇒ Определение возможности коррекции ПТСР ингибиторами микросомального окисления.
  - ⇒ Обнаружение корреляции между уровнем активности серотонинергических нейронов и активацией кatabолизма серотонина.
  - ⇒ Определение биохимии ПТСР с использованием ЯМР-спектроскопии.
  - ⇒ Сопоставление активности серотонинергических нейронов у животных с различными фенотипами микросомального окисления.

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

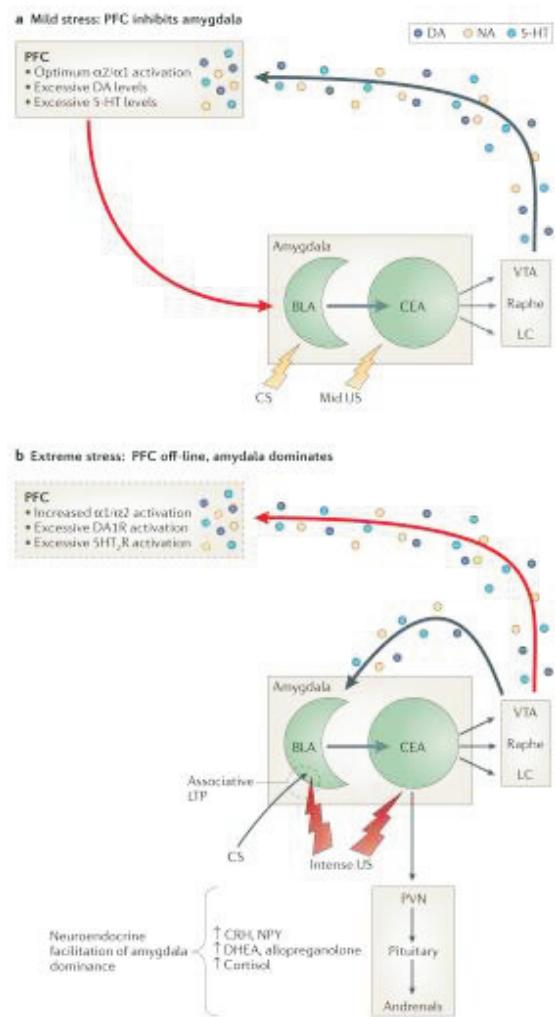
В перспективе разработка эффективных препаратов лечения ПТСР.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ- СКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 г.

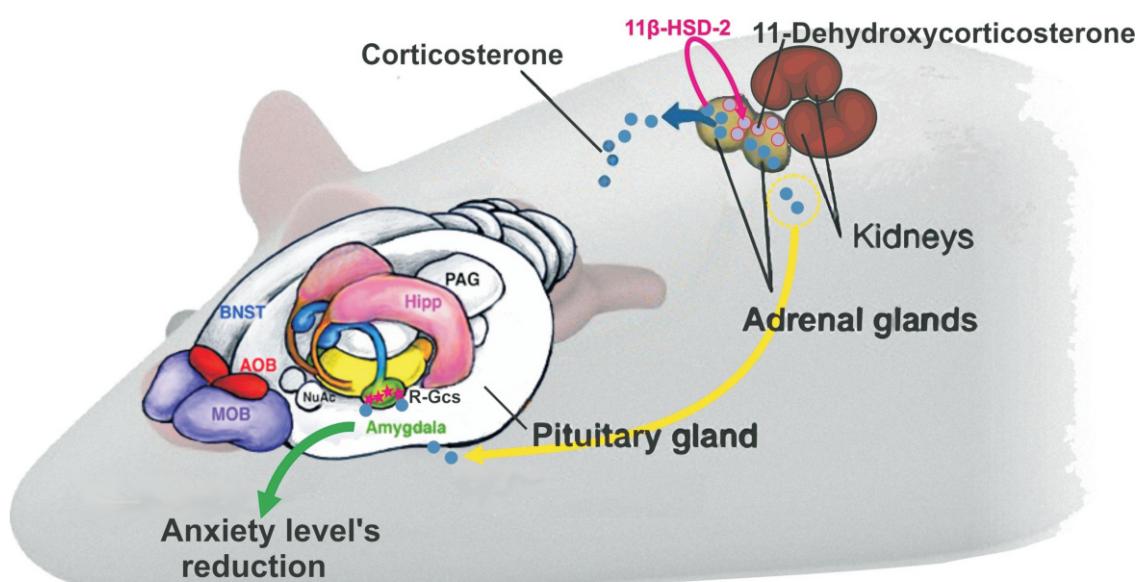
Установлено:

- эффект угнетения активности серотинергических нейронов активацией дофаминергической системы;
  - активация серотонинергических нейронов вызвана сниженным уровнем дофамина;
  - сниженнный уровень глюкокортикоидов вызван активацией ферментами тканевого обмена глюкокортикоидов в печени и в почках.





Влияние хронического предаторного стресса на уровеньmonoаминов



Тканевой обмен глюкокортикоидов

# 3D/4D QSAR ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ, ПРОТИВОВИРУСНОЙ И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

Руководитель проекта – кандидат химических наук В.А. Потёмкин

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью проекта является 3D/4D QSAR исследование и молекулярный дизайн противовирусных и противоопухолевых средств, включающее комплексную оценку механизма целевого действия, метаболических и токсических эффектов.

## ПУБЛИКАЦИИ

**17** научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

**17** статей в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➲ Создание моделей для прогноза противоопухолевой активности в мультиконформационном и мультитаутомерном режиме с использованием алгоритмов BiS и CiS, разработанных участниками проекта из ЮУрГУ.
- ➲ Разработка высокопрогностических моделей для оценки ADMET-свойств молекул, которые играют важную роль на пути терапевтического действия противоопухолевых средств.
- ➲ Разработка полифармакологической модели для прогнозирования биологической активности соединений на основе известных данных.
- ➲ Разработка новых подходов 3D/4D QSAR на основе молекулярного интериора и экстериора.
- ➲ Молекулярный докинг для определения особенностей активных соединений.
- ➲ Квантовые расчеты для комплексов «лекарство – фермент» для выяснения тонких особенностей электронной структуры активных веществ.
- ➲ Создание прогностических моделей для предсказания противоопухолевой активности и ADMET-свойств.
- ➲ Молекулярный дизайн новых кандидатов в лекарства.
- ➲ Разработка путей синтеза новых потенциальных лекарственных средств, синтез перспективных противоопухолевых средств [Индия, более подробные задачи в их заявке] на основе результатов *in silico* прогнозов участников проекта из России.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➲ В рамках алгоритма MultiGen проведено построение мультиконформационной модели молекул противовирусных средств с установленной экспериментально величиной активности. В случае солей проведено моделирование ориентации катиона и аниона в присутствии водного окружения с использованием алгоритма MOPS.
- ➲ В рамках 3D/4D QSAR алгоритмов BiS и CiS проведен отбор конформеров, отвечающих за связывание соединений с биомишенями
- ➲ Проведено моделирование поля молекул, представленного как сумма кулоновского и ван-дер-ваальсова потенциала.
- ➲ Проведено построение количественных моделей между величинами биологической активности и параметрами внешнего поля молекул с качеством не ниже 0,90 по технике «скользящий контроль».
- ➲ Выделены наиболее активные конформеры, чья расчетная биологическая активность является максимальной.
- ➲ В алгоритме CiS проведен расчет силовых постоянных взаимодействия, позволяющий имитировать амплитуду движения сайта рецептора при подстройке к каждому биологически активному соединению.
- ➲ Оценено распределение электронной плотности в молекулах

с использованием квантово-химическим подходов и алгоритмом AlteQ.

- ➲ В рамках алгоритма CoMIn проведено наложение структур до максимального совпадения электронной плотности.
- ➲ Найдены количественные взаимосвязи характеристик электронного строения молекул с активностью с качеством не ниже 0,90 по технике «скользящий контроль».
- ➲ Проведен дизайн новых кандидатов в противовирусные, противовоспалительные, противоопухолевые средства с высокой активностью и низкими нежелательными побочными действиями, с качеством не ниже 0,90 по технике «скользящий контроль».

- Проведен дизайн новых кандидатов в противовирусные средства с высокой активностью и низкими нежелательными побочными действиями.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

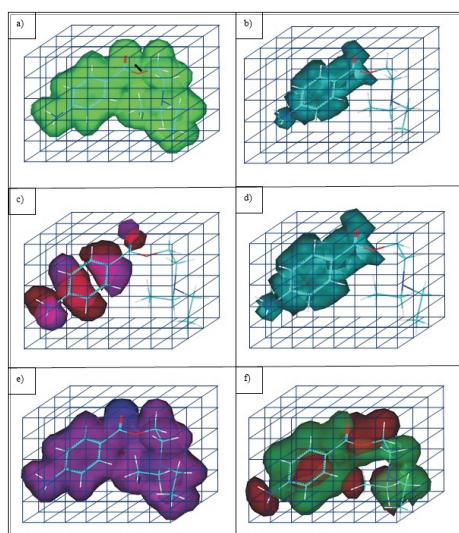
Предсказанные в результате выполнения противовирусные и противоопухолевые лекарственные средства в дальнейшем могут быть синтезированы, подвергнуты *in vitro*, *in vivo* и клиническим испытаниям с последующим производством и внедрением в терапевтическую практику.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 Г.

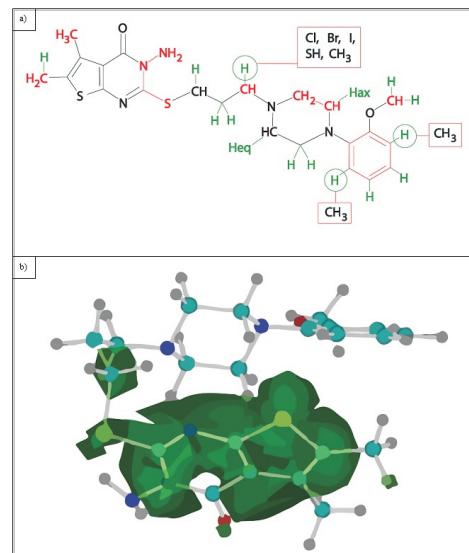
- ➲ В рамках алгоритма CoMIn проведено наложение структур до максимального совпадения электронной плотности.
- ➲ Найдены количественные взаимосвязи характеристик электронного строения молекул с активностью с качеством не ниже 0,90 по технике «скользящий контроль».

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

- Университет Дели (синтез и биологическое тестирование, группа доктора Brijesh Rathi, дистантный с.н.с. ЮУрГУ и группа доктора Poonam, дистантный с.н.с. ЮУрГУ).
- Университет Аллахабада, Индия (синтез и биологическое тестирование, группа проф. Amita Vermi). Католический университет Мурсии, Испания (молекулярный докинг, группа доктора Horacio Perez-Sanchez).
- Южно-Африканский Национальный институт биоинформатики (молекулярно-динамическое моделирование, геномные исследования, группа проф. Alan Christoffels).



Решетка в алгоритме CoMIn со следующими квантовыми функциями: распределение  
а) электронной плотности;  
б) В3МО;  
в) НСМО;  
г) комбинированное распределение В3МО – НСМО;  
д) электростатического потенциала;  
е) лапласиана



Ингибитор вирусной нейраминидазы:  
а) фармаконная (красная) и антифармаконная (зеленая) части наиболее активной молекулы.

Атомы, которые могут быть замещены для получения более активного соединения, включены в окружности, а вероятные заместители находятся в прямоугольниках;

б) распределение В3МО в наиболее активной молекуле набора данных (волновые функции AlteQ)

# МИКРОБИОТА КАК ФАКТОР ГОМЕОСТАЗА В АДАПТАЦИИ К СТРЕССУ

Руководитель проекта – доцент Ю.И. Кретова

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

**Создание диагностического инструментария и способов коррекции на основе исследования и соотношения метаболомов и поведенческих реакций человека при хроническом стрессе.**

## ПУБЛИКАЦИИ

7 научных статей

1 патент

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

7 статей в Scopus/WoS

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➲ Создание высокоэффективного способа выявления и прогноза дезадаптивных состояний организма человека, позволяющего скорректировать патологическое состояние еще до появления первых клинических признаков.
- ➲ Формировании обоснованных с биологических и психологических позиций способов влияния на состояние микробной экосистемы организма человека и изменение пищевого поведения.
- ➲ Построение индивидуальных стратегий повышения адаптивного ресурса личности в ситуации хронического стресса на фоне микробиотического статуса как фактора гомеостаза и риска дезадаптации.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➲ Проект нацелен на здоровых людей с риском нарушений адаптации и людей, находящихся в ситуации хронического стресса.
- ➲ Предлагаемая информативная, экономически эффективная и валидная система оценки состояния нейрогуморальных, психовегета-

тивных и социопсихологических механизмов гомеостаза позволит прогнозировать дальнейшее развитие постстрессовых нарушений адаптации.

➲ Результаты проекта важно учитывать при создании территориальных программ здорового питания населения Уральского региона, а также рационов лечебного питания, основанных на нозологическом принципе.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

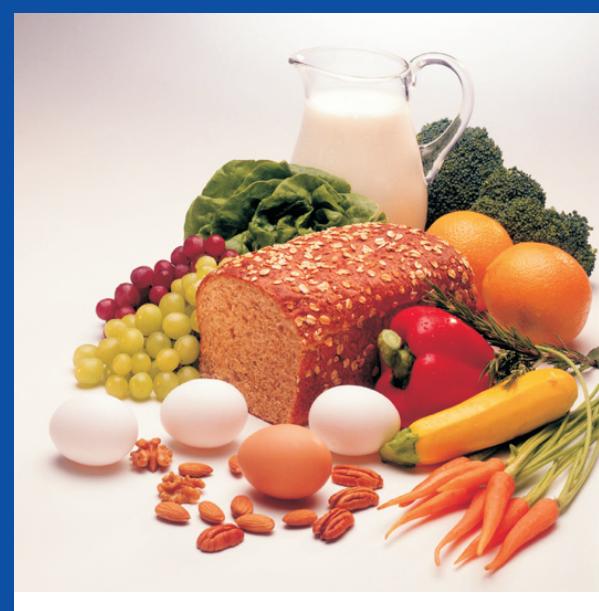
- ➲ Профилактический подход в диагностике и корректировке при нарушении адаптивных процессов при дисстрессе может получить дальнейшее развитие в популяционных исследованиях, построенных на кросскультуральных принципах, особенно актуальных в условиях массовых миграций и глобализации.
- ➲ Эффективное применение результатов проекта важно для профилактики преждевременного старения и развития в рамках реализации национальной технологической инициативы FoodNet.
- ➲ Разрабатываемый способ будет иметь значение в спортивной медицине и позволит увеличить результативность спортсменов разных квалификаций.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 г.

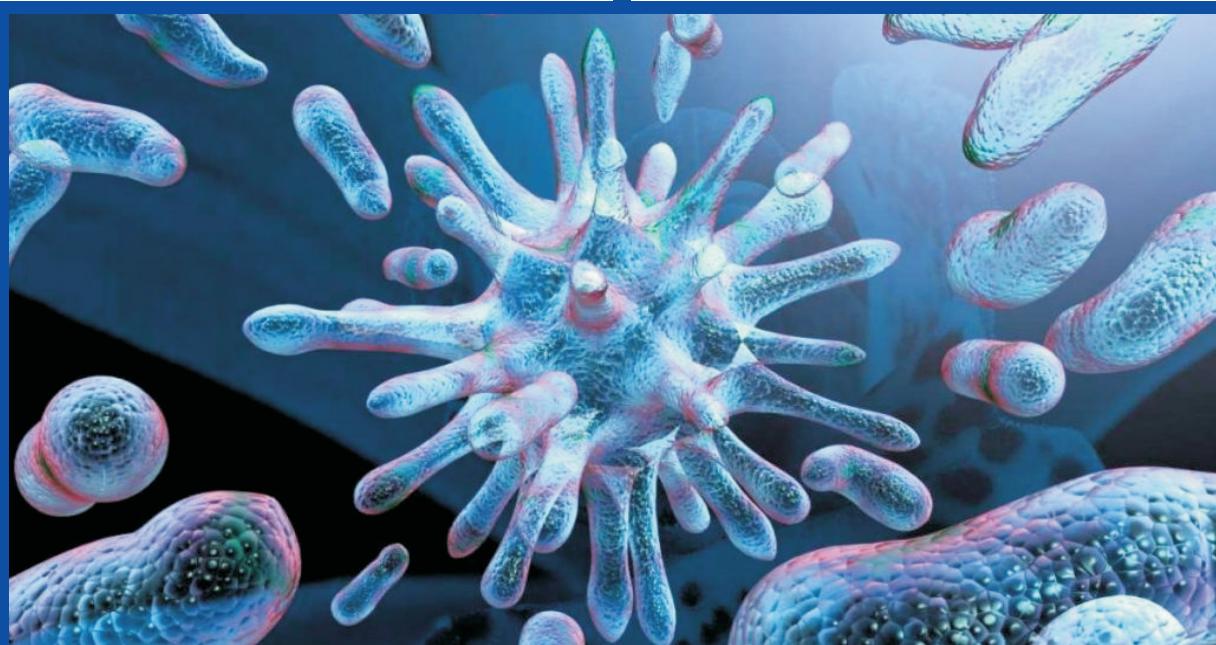
- Проведены клинические исследования с созданием для каждой группы дифференцированного алгоритма по профилактике и коррекции дезадаптивного состояния организма человека.
- Сформирован банк данных по видам микробиотических взаимодействий.
- Проведены проспективный и ретроспективный анализы, оценка вариабельности и выявлены ложноположительные и ложноотрицательные результаты в динамике коррекционного воздействия в каждой из групп сравнения.
- Выявлен вектор прикладных и фундаментальных исследований по взаимосвязи типа микробиоты и характера пищевого поведения через призму социокультурных особенностей.
- Сформированы комплексные – общие и специфичные – рекомендации для каждой из групп сравнения.

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

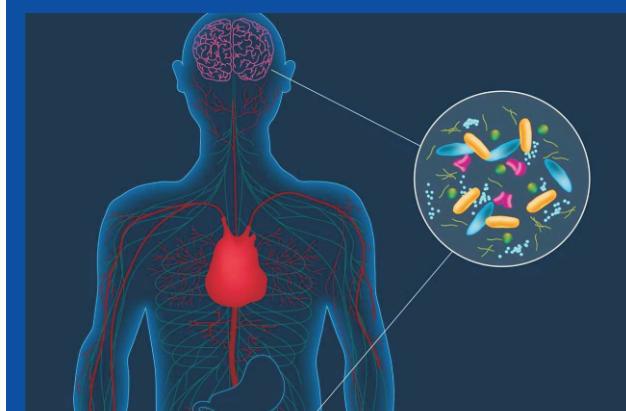
☒ Институт здоровья «ДокторЛаб».



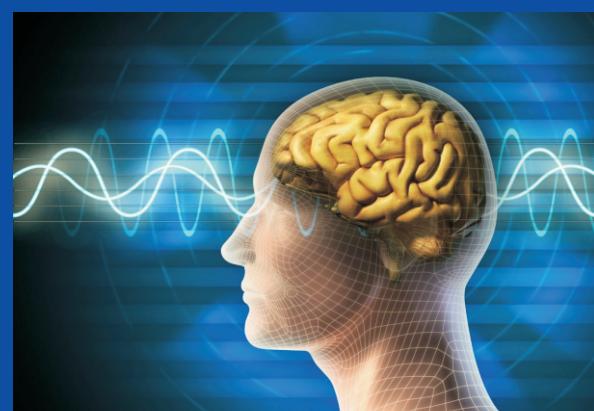
Эффективные продукты против стресса



Микрофлора



Физиология стресса



Воздействие стресса на мозг

# РАЗВИТИЕ КВАНТОВОХИМИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСОВ ПРОТИВОТУБЕРКУЛЕЗНЫХ СРЕДСТВ С БИОМИШЕНЯМИ

Руководитель проекта – доктор химических наук М.А. Гришина

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Построение закономерностей между величиной противотуберкулезной активности и параметрами электронного строения комплексов противотуберкулезных соединений с биомишенями.

## ПУБЛИКАЦИИ

12 научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

12 статей в Scopus

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➲ Совершенствование квантовохимического алгоритма AlteQ для оценки электронной плотности в структурах энзим-лиганд.
- ➲ Расчет интегральных характеристик перекрываний электронных облаков в комплексах. Реализация топологического анализа электронной плотности в AlteQ .
- ➲ Расчет электронных характеристик для комплексов противотуберкулезных средств с биомишенями. Дизайн более эффективных и менее токсичных лекарственных препаратов.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➲ Будет усовершенствован квантовохимический алгоритм AlteQ для использования в новых высокоскоростных программных подходах к интегрированию и дифференцированию функций электронной плотности.
- ➲ Будет проведен расчет 1500 дескрипторов, среди них интегральные характеристики перекрываний и характеристики топологического анализа электронной плотности в AlteQ .

➲ Будут рассчитаны комплексы противотуберкулезных средств с биомишенями. Будет осуществлен дизайн более эффективных и менее токсичных противотуберкулезных лекарственных препаратов по сравнению с используемыми.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Результаты проекта будут использованы для прогноза противотуберкулезной активности и дизайна новых высокоэффективных и низкотоксичных противотуберкулезных кандидатов в лекарственные средства. Данные структуры будут синтезированы и переданы на биологические испытания

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ- СКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 г.

- Выделены наиболее важные фрагменты электронной структуры противотуберкулезных соединений, их комплексов с биомишенями,
- Оценена эффективность взаимодействия лигандов с аминокислотными остатками энзимов.

- Осуществлен дизайн новых противотуберкулезных средств с высокой активностью и низкой токсичностью.
- Полученные структуры отправлены в экспериментальные лаборатории для синтеза и биологических испытаний.

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

- Университет Дели, Индия (синтез и биологическое тестирование, группа Доктора Brijesh Rathi, и группа Доктора Poonam).

- Университет Аллахабад, Индия (синтез и биологическое тестирование, группа Проф. Amita Verma).
- Католический университет Мурсии, Испания (молекулярный докинг, группа Доктора Horacio Perez Sanchez).
- Южно-Африканский Национальный Институт Биоинформатики (молекулярно-динамическое моделирование, геномные исследования, группа Проф. Alan Christoffels).

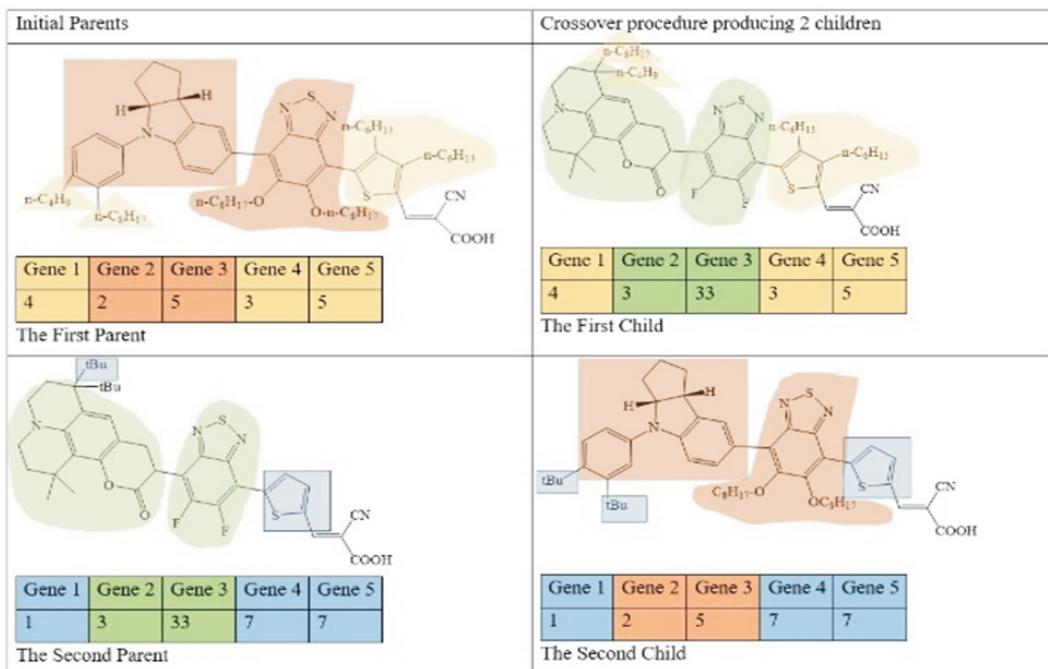
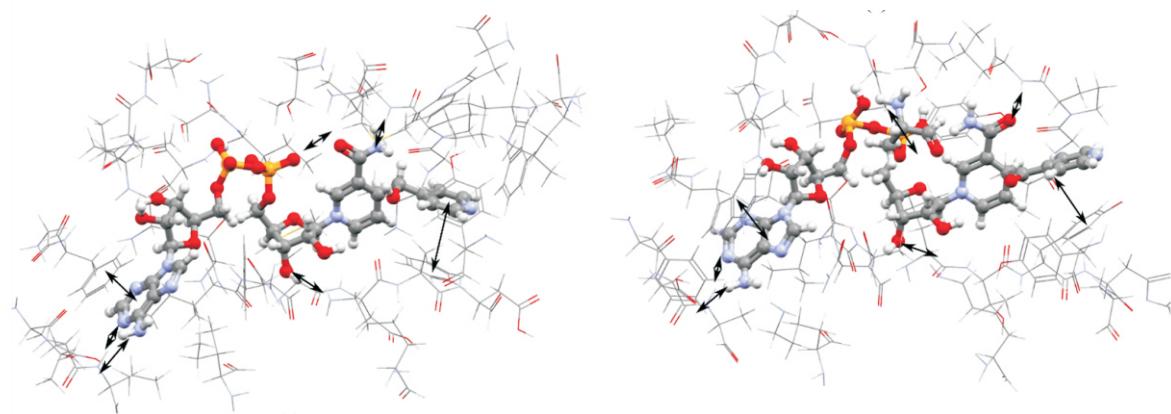


Схема генетического алгоритма дизайна новых перспективных соединений



Результат докинга новых противотуберкулезных средств к биомишени

# ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМОГЕНЕЗА В АДАПТАЦИИ К СПЕЦИФИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ СПОРТСМЕНОВ СИТУАТИВНЫХ ВИДОВ СПОРТА (ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ)

Руководитель проекта – доктор биологических наук, профессор В.В. Эрлих

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование возрастных физиологических и психофизиологических особенностей системогенеза организма спортсменов ситуативных видов спорта при адаптации к специфическим условиям спортивной деятельности.

## ПУБЛИКАЦИИ

6 научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

6 статей в Scopus/WoS

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➁ Выявление возрастных особенностей развития и совершенствования нейродинамических функциональных систем при адаптации к специфической деятельности спортсменов ситуативных видов спорта.
- ➂ Выявление возрастных особенностей психологической адаптации спортсменов ситуативных видов спорта к специфическим условиям тренировочной и соревновательной деятельности.
- ➃ Определение возрастных физиологических и психофизиологических особенностей системогенеза в адаптации к специфическим условиям спортивной деятельности ситуативных видов спорта.
- ➄ Разработка и апробация неинвазивных способов оценки функционального состояния и уровня функциональной подготовленности спортсменов различного возраста, занимающихся ситуативными видами спорта.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Новые интегративные сведения об особенностях системогенеза важнейших функциональных систем, обеспечивающих адаптацию организма спортсменов в видах спорта со сложной биомеханической структурой локомоций и ситуативным характером реализации динамических стереотип-

пов. Разработка и апробирование неинвазивных способов оценки функционального состояния и уровня функциональной подготовленности спортсменов ситуативных видов спорта (игровые виды спорта, единоборства).

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Результаты реализации проекта должны быть положены в основу дальнейших теоретико-практических разработок в области возрастной физиологии, психофизиологии спорта и экстремальных видов деятельности. Разработанные способы оценки функционального состояния и уровня функциональной подготовленности спортсменов с учетом вида спорта и возраста могут быть использованы для разработки новых программно-аппаратных продуктов федеральных проектов «Нейронет» и «Хелнет».

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 г.

Определены основные особенности адаптации спортсменов, специализирующихся в единоборствах и спортивных играх (на примере хоккея) с учетом возраста и уровня квалификации. Определены «критические» возрастные периоды напряжения системогенеза.

В единоборствах большее значение для уровня спортивного результата имеет качество формирования соматического компонента функциональных систем на фоне изменения антропометрического профиля. При этом эффективность системогенеза при адаптации к специфическим физическим нагрузкам определяется не только возрастными закономерностями адаптации, генетическими факторами развития высших структур систем управления движениями, но также количественными показателями динамики массы тела в подростковом периоде развития. Спортсмены, в регуляции которых преобладает активность автономного контура регуляции сердечно-сосудистой деятельностью, в 14–16 лет имеют лучшие перспективы развития дальнейшей карьеры в спорте. В хоккее с шайбой использование методов вариабельности ритма сердца для прогнозирования успешности профессиональной деятельности возможно только для самого начального этапа отбора — в команды МХЛ, ВХЛ и КХЛ, т. е. возраста 17–19 лет. На

основании результатов исследования была разработана и апробирована комплексная методика оценки функционального состояния и уровня функциональной подготовленности хоккеистов и спортсменов-единоборцев.

Результаты представлены в пяти статьях, индексируемых Scopus и Web of Science. Получен патент «Способ комплексной оценки функционального состояния и уровня функциональной подготовленности хоккеистов № 2682486» от 19 марта 2019 года.

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

- Министерство по физической культуре и спорту Челябинской области.
- Управление по физической культуре, спорту и туризму Администрации города Челябинска.
- Федерация тхэквондо ВТФ Челябинской области.
- Федерация дзюдо Челябинской области.
- МБУ «СШОР по хоккею «Трактор» города Челябинска и др.



Кудашова Татьяна. Тхэквондо.  
Олимпийская лицензия на Игры-2020 г. Пекин



Киреева Таисия. Член национальной команды России. Чемпионка России 2019

# ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ РАЗВИТИЯ ГИПОКОРТИКОИДНОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ СИНДРОМЕ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИХ СТРЕССОРНЫХ РАССТРОЙСТВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ ПОДХОДОВ К КОРРЕКЦИИ НАРУШЕНИЯ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ

Руководитель проекта – доктор биологических наук, профессор В.Э. Цейликман

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Идентификация неизвестных звеньев патогенеза синдрома ПТСР.

## ПУБЛИКАЦИИ

10 научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

4 статьи в Scopus и Q1

## ЗАДАЧА ПРОЕКТА

Определение роли гипокортико-стероидемии в формировании поведенческих расстройств.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➲ Обнаружение эффективности заместительной терапии кортикостероном для различных режимов хронического стресса.
- ➲ Обнаружение увеличения эффективности заместительной терапии кортикостероном при высокointensивном режиме ОСГ в случае инволюции надпочечников.
- ➲ Обнаружение связи между эффективностью заместительной терапии кортикостероном и исходным состоянием, определяемым с помощью гексеналового теста.
- ➲ Усиление терапевтического эффекта при совместном введении кортикостерона с блокаторами индуцибелльной NO синтазы, с ингибиторами фермент-титивной активности  $11\beta$  HSD2, CYP3A1, CYP3A2, антагонистом IL-1 $\beta$  для коррекции ПТСР для всех режимов ОСГ, особенно в отношении повреждений внутренних органов.

➲ Усиление терапевтического эффекта глюокортикоидов комбинированием стероидов с ингибиторами их метаболизма. Предполагается, что ингибитор CYP3A тролеандомицин усилит действие кортикостерона при режиме ОСГ с умеренной интенсивностью, а ингибитор  $11\beta$  HSD – карбеноксолон усилит действие гормона при ОСГ с низкой интенсивностью.

➲ Предполагается, что стероидная терапия на фоне блокады глюокортикоидных и минералокортикоидных рецепторов приведет к ограничению или отмене корригирующего действия кортикостерона на поведенческие расстройства и повреждение внутренних органов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ- СКОЙ РАБОТЫ

В 2019 г.

- Показано, что коррекция кортикостероном предупреждает развитие гипокортикоидемии при предаторном стрессе.
- Раскрыты механизмы, обуславливающие эффективность стероидной терапии.
- Разработана новая математическая модель, раскрывающая механизмы прогрессии ПТСР при гипокортикоидном состоянии.
- Разработана и провалидирована новая экспериментальная модель ПТСР.

**Экспериментальные исследования:**  
**модель хронического психоэмоционального стресса**  
**(предаторный стресс)**



Новая экспериментальная модель ПТСР

7



Механизм развития гипокортикоидного состояния  
при синдроме посттравматических  
стрессорных расстройств

# ИССЛЕДОВАНИЕ КОНФОРМАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В БАКТЕРИАЛЬНОЙ РИБОСОМЕ, ВЫЗЫВАЕМЫХ СВЯЗЫВАНИЕМ АНТИБИОТИКОВ И МОДИФИКАЦИЕЙ НУКЛЕОТИДНЫХ ОСТАТКОВ 23S РРНК

Руководитель проекта – кандидат химических наук Г.И. Макаров

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Настоящий проект направлен на решение фундаментальной проблемы молекулярной биологии и биохимии – изучение механизма ингибирования антибиотиками синтеза белка на рибосоме.

## ПУБЛИКАЦИИ

1 научная статья

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

1 статья в Scopus/  
WoS

## ЗАДАЧА ПРОЕКТА

Задачей проекта является моделирование структур комплексов хлорамфеникола, линезолида и радезолида с рибосомой *E. coli*, находящейся в каноническом A/A,P/P-состоянии, методами докинга и метадинамики. Также задачей проекта является молекулярно-динамическое моделирование рибосомы *E. coli*, несущей 2,8-диметилированный A2503, и поиск конформационных изменений, вызываемых введением в A2503 дополнительной метильной группы.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

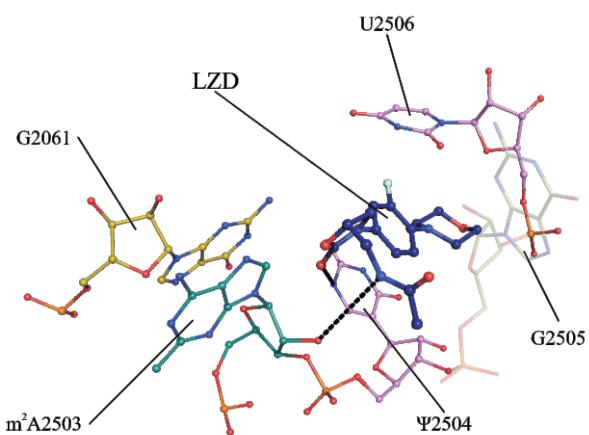
- ➲ Структуры комплексов хлорамфеникола, линезолида и радезолида с рибосомой *E. coli*, находящейся в каноническом A/A,P/P-состоянии. Структуры рибосомы *E. coli*, находящейся в каноническом A/A,P/P-состоянии, дикого типа и содержащей 2,8-диметилированный A2503.
- ➲ Структуры комплексов хлорамфеникола, линезолида и радезолида с диметилированной по A2503 рибосомой *E. Coli*.
- ➲ Структурно обоснованный механизм устойчивости бактериальной рибосомы к антибиотикам, вызываемой 2,8-диметилированием A2503.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

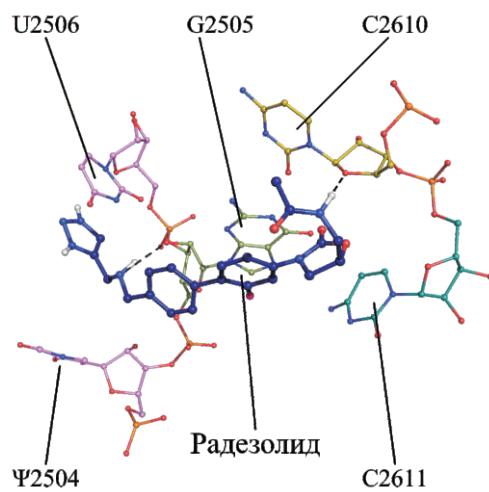
Изучение взаимодействия клинически значимых антибиотиков с рибосомой и структурных оснований множественной устойчивости, вызываемой модификацией метилтрансферазой Cfr остатка A2503 23S РРНК позволяют проложить путь к рациональной, структурно обоснованной разработке новых антибактериальных препаратов, что совершенно необходимо, если учитывать возрастающее со временем распространение патогенов, устойчивых к применяемым антибиотикам.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 г.

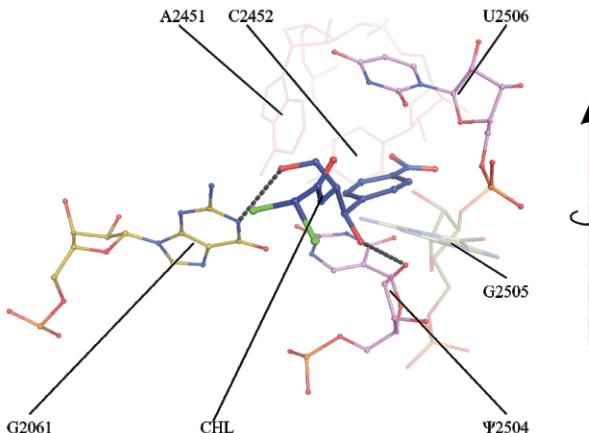
- Получена структура комплекса линезолида с рибосомой *E. coli*, находящейся в каноническом A/A,P/P-состоянии.
- Получена структура комплекса радезолида с рибосомой *E. coli*, находящейся в каноническом A/A,P/P-состоянии и содержащей 2,8-диметилированный A2503.



Взаимодействие линезолида с неканоническим сайтом связывания хлорамфеникола.  
Пунктиром показаны водородные связи



Взаимодействие радезолида  
с неканоническим сайтом  
связывания хлорамфеникола.  
Пунктиром показаны водородные связи



Взаимодействие хлорамфеникола с неканоническим сайтом связывания.  
Пунктиром показаны водородные связи

# НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РАЗЛИЧИЙ ИНТЕЛЛЕКТА

Руководитель проекта – кандидат медицинских наук И.В. Фекличева

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разобраться в том, есть ли какие-то глобальные характеристики, которые бы целостно описывали работу мозга и при этом были бы связаны с индивидуальными различиями в интеллекте.

## ПУБЛИКАЦИИ

4 научные статьи

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

2 статьи в Scopus/  
WoS

4 статьи в РИНЦ

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

Одной из основных задач второго года реализации проекта являлся выбор методов расчета характеристик функциональной связанности мозга, позволяющих отсечь ложноположительные связи между узлами графа, сохранив при этом информацию о наличии синхронизации разной силы между зонами мозга. Также нам необходимо было выбрать характеристики функциональной связанности мозга, которые бы позволяли изучать индивидуальные различия в активности мозга у разных людей.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ- СКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

Активность мозга мы анализируем с помощью ЭЭГ – это метод, регистрирующий электрические процессы в головном мозге, без которых невозможна жизнедеятельность нейронов. Чтобы отыскать глобальные характеристики процессов, происходящих в мозге, мы используем так называемый «сетевой подход» – то есть представляем, что мозг – это большая сеть из взаимодействующих между собой элементов-узлов. Для представления мозга как сетевой структуры может быть применен специальный раздел математики – теория графов.

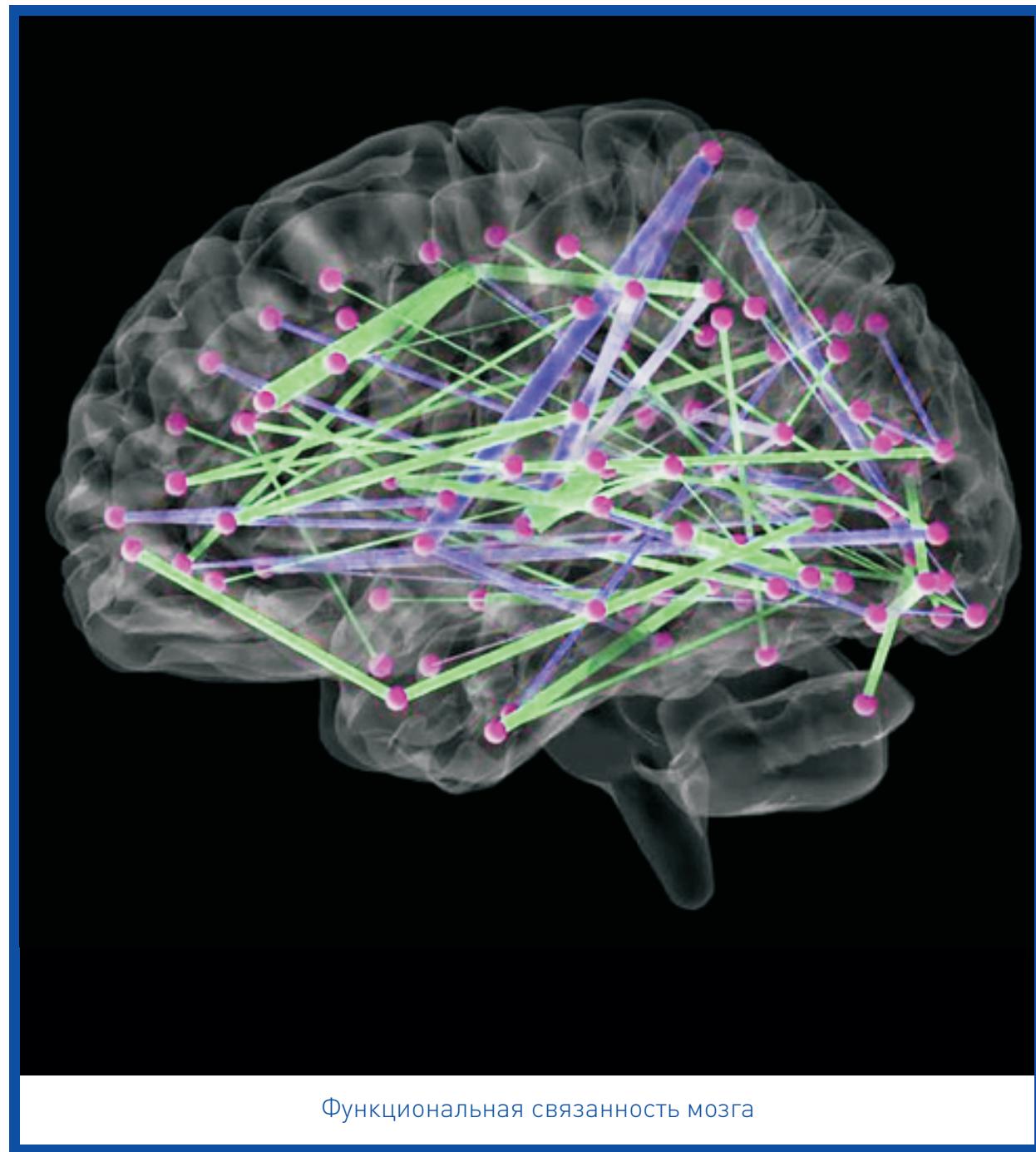
Теория графов изучает устройство сетей и позволяет описывать особенности сетей разных типов. Существуют сети с большим количеством связей между узлами, плотно упакованные или, наоборот, разреженные. Также внутри сетей может отличаться возможность добраться от одного узла до другого – то есть длина пути между узлами. Есть и много других характеристик сетей, которые позволяет описать теория графов. В нашем проекте мы предположили, что именно взятые на основе теории графов, характеристики активности мозга как сетевой структуры могут быть взаимосвязаны с различиями в интеллекте.

Выбор методов расчета и характеристик функциональной связанности осуществлялся на основе моделирования изменений в метриках связанности при выборе разных порогов для отсечения связей между областями. На основе проведенного моделирования мы смогли сделать вывод, что для полноценного анализа активности мозга нужно учитывать не только «сильные» связи, как это делает большинство исследователей, но и «слабые» связи, судя по всему играющие важную роль в обеспечении параллельной обработки информации в мозге.

Выбранные методы расчета и характеристики функциональной связанности были использованы для изучения взаимосвязи функциональной связанности мозга и физической активности, так как одним из факторов, взаимосвязанных с со-

ранением и поддержанием когнитивных способностей, является вовлеченность в физическую активность. Полученные в исследовании результаты свидетельствуют о том, что у молодых людей, регулярно занимающихся физической активностью более 3 часов в неделю, функциональная связанность мозга выше, чем у людей того же возраста, не занимающихся физической активностью, по такому показателю, как коэффициент кластеризации

(clustering coefficient), что указывает на увеличение функциональной связанности внутри уже существующих ассоциаций мозговых регионов. Выбранные методы расчета и характеристики функциональной связанности будут использованы для анализа взаимосвязи вербального и невербального интеллекта и функциональной связанности мозга.



# ПОГРАНИЧЬЕ КУЛЬТУРНЫХ МИРОВ (ЮЖНЫЙ УРАЛ ОТ ДРЕВНОСТИ ДО НОВОГО ВРЕМЕНИ)

Руководитель проекта – доктор исторических наук А.В. Епимахов

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Построение описательных моделей взаимодействия групп населения с принципиально разными социокультурными системами; обоснование тезиса о пограничье как самостоятельной зоне, определяющей вектор развития территории в долгосрочной ретроспективе.

## ПУБЛИКАЦИИ

13 научных статей

12 докладов на конференциях

1 докторская диссертация

1 кандидатская диссертация

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

7 статей в Scopus/WoS

6 статей в РИНЦ



## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➲ Проанализировать историографический ландшафт изучения пограничных сообществ в евразийском регионе; выделить нерешенные и актуальные вопросы.
- ➲ Разработать методологические основы и методику компаративного, мультидисциплинарного исследования межкультурных взаимодействий в пограничье.
- ➲ Пополнить базу источников по проблемам пограничья культурных миров за счет новых материалов полевых археологических исследований и архивных изысканий по территории Южного Урала.
- ➲ Обосновать перечень устойчивых социальных структур приграничных сообществ, обеспечивающих их успешную адаптацию к новым условиям природной и социальной среды.
- ➲ Выявить ключевые факторы, определяющие характер и результаты взаимодействия в условиях пограничья.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Получение высококачественных исторических, археологических и этнографических материалов. Создание банка архивных данных по тематике взаимодействия населения

пограничья. Разработка методологии компаративного, мультидисциплинарного исследования. Создание описательных моделей взаимодействия культурных миров для традиционных и модерных обществ. Выделение и обоснование перечня устойчивых социальных структур приграничных сообществ – основы успешной адаптации к изменяющимся условиям природной и социальной среды.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Процессы в приграничных зонах являются важным фактором, влияющим на многие аспекты жизни современных государств. Недостаточность знаний об алгоритмах, определявших характер процессов взаимодействия в пограничье культурных миров в прошлом, осложняет формирование правильной культурной, национальной, социальной политики, не учитывающей реалии, уходящие корнями в предшествующие эпохи.

Результаты проекта позволят включать в экспертные заключения научно значимые выводы об устойчивых процессах в среде приграничных сообществ, о культурно-исторических особенностях пограничья, игнорирование которых приводит к ошибкам в регулировании миграций. Сформированные в результате проекта модели пограничных сообществ могут служить теоретической основой для дальнейших научных разработок.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2019 г.

5100

В отчетный период проведены раскопки на двух могильниках бронзового века и средневековья с целью получения новых материалов для мультидисциплинарных анализов. Результаты исследования могильника Уелги позволили выдвинуть гипотезу о пришлом характере алтайского населения в южно-уральскую среду примерно в IX – начале X вв.

Для бронзового и раннего железного века завершены масштабные палеогенетические проекты. Первый показал гетерогенность местного населения и участие его наследников в миграциях на территорию Средней Азии и северной Индии. Второй подтвердил гипотезу о восточном происхождении населения ранних кочевников пояса евразийской степи.

Изучение практики человеческих захоронений на поселениях синташтинского времени (21–19 вв. до н.э.) позволило предположить, что истоки этого обряда лежат в раннем бронзовом веке земледельческих культур Балкан и Средней Азии. Возможно, данный обычай явился результатом движения населения (или культурных стереотипов) из западных и южных регионов Европы на Урал.

## Анализ письменных источников о вхождении тюрков Зауралья в подданство Российского

государства дал важные результаты. Выяснилось, что высказанные ранее и тиражируемые точки зрения не опираются на доказательную базу. Это касается «покорения» зауральских башкир силой оружия в начале XVII в., «отсутствия» у них вотчинных прав и пр. Реконструирована картина постепенного вхождения территории Зауралья в состав Московского государства. Завоевания же коснулись только де-факто признаваемых территорий Сибирского ханства. Оправданные выводы коллег о том, что значительная часть зауральских башкир не имела вотчинного права на землю. Согласно источникам, вотчинным правом пользовались башкиры всех волостей Зауралья.

Таким образом, значительно уточнена ситуация принятия тюрками Зауралья российского подданства. Помимо этого, в ходе исследований подтвердилось ранее высказанное предположение о том, что тюрки Зауралья от Уральского хребта до Туры и, возможно, восточнее представляли собой единое культурно-хозяйственное сообщество. Составлена предварительная схема расположения некоторых волостей XVI в. с учетом наличия летних и зимних территорий.

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

- Институт истории и археологии УрО РАН.
  - Университет Копенгагена.
  - Университет Гетеборга.
  - Университет Гете (Франкфурт-на-Майне).
  - Свободный университет Берлина.
  - Гарвардская медицинская школа.
  - Католический Университет им. Петера Пазманя.



Карта-схема расположения тюркских волостей в Зауралье XVI в.



# НАУЧНАЯ ДИПЛОМАТИЯ В АРКТИКЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ВНЕШНЕПОЛИТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Руководитель проекта – кандидат философских наук, доцент М.Ю. Гутенев

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выработка рекомендаций для противодействия попыткам иностранных государств оказывать внешнеполитическое воздействие на Российскую Федерацию посредством инструментов научной дипломатии.

## ПУБЛИКАЦИИ

**12** научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

**3** статьи в Scopus

**1** статья в WoS

**8** статей в журналах, входящих в перечень ВАК

**112**

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

Ожидаемые результаты будут заключаться в приращении фундаментального знания по изучаемой научной проблеме, а также в институционализации нового исследовательского поля, ориентированного на дальнейшее развитие. Данный проект будет способствовать получению фундаментальных выводов в области geopolитических процессов, протекающих в Арктическом регионе, путем обобщения, анализа и теоретического осмысливания малоизученного материала в обозначенном тематическом поле, а также внесет вклад в концептуализацию теории научной дипломатии. Как известно, научная дипломатия является одним из инструментов внешнеполитического воздействия и формирования межнационального взаимопонимания. В связи с этим, выявление наиболее эффективных моделей и инструментов научной дипломатии будет способствовать укреплению национальной безопасности, заявленному в качестве приоритетного направления науки в РФ.

Конкретной задачей проекта является выявление специфики и степени эффективности научной дипломатии в Арктике. Новизна предлагаемого исследования заключается в пересмотре устойчивых исследовательских и общественных представлений и в установлении новой исследовательской перспективы изучения научной дипломатии и geopolитических процессов в Арктике, взаимодействия стран в сфере науки, культуры и образования в регионе.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➲ Обновление концептуального и терминологического аппарата по обозначенной научной проблеме («научная дипломатия», «дипломатия для науки», «наука для дипломатии», «наука в дипломатии»).
- ➲ Описание каналов трансляции научной дипломатии.
- ➲ Описание медиумов и каналов научной дипломатии в арктическом регионе
- ➲ Определение влияния международных исследователей как носителей научной дипломатии на процессы принятия политических решений в Арктике.
- ➲ Создание модели транснациональной сети научной дипломатии в Арктическом регионе.

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

- ❷ Создание модели транснациональной сети научной дипломатии в Арктическом регионе.
- ❸ Выявление взаимосвязи «независимой» исследовательской деятельности ученого и национальных интересов государства, которое он представляет.
- ❹ Выработка рекомендаций для противодействия попыткам иностранных государств оказывать внешнеполитическое воздействие на Российскую Федерацию посредством инструментов научной дипломатии.

# РЕЗУЛЬТАТ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 г.

- Подготовлена и отправлена статья «Научная дипломатия Великобритании в Арктике»

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

- Санкт-Петербургский государственный университет (г. Санкт-Петербург).



# УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ИНКАПСУЛЯЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ В ПИЩЕВОЙ МАТРИКС

Руководитель проекта – доктор технических наук, профессор И.Ю. Потороко

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью проекта является описание механизмов ультразвуковой инкапсуляции биологически активных веществ в пищевой матрикс функциональных продуктов питания. Предпосылками для разработки решения данной проблемы является необходимость установления принципов встраивания биологически активных веществ (БАВ) в пищевой матрикс для сохранения их биодоступности с учетом физических и химических свойств пищи.

## ПУБЛИКАЦИИ

12 научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

7 статей в Web of Science

5 статей в перечне ВАК

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

В рамках исследований первого года были поставлены следующие задачи:

- ➊ теоретическое описание и экспериментальная оценка влияния ультразвуковых ударных волн на свойства и устойчивость наноэмulsionий БАВ;
- ➋ разработка технологии образования наноэмulsionии с использованием ультразвукового воздействия для инкапсуляции БАВ;
- ➌ исследование стабильности биологически активных соединений в наноэмulsionии на основе определения дзета-потенциала и анализа размера частиц (PSD).

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Результаты проектно-исследовательской работы будут способствовать получению новых научных знаний о молекулярных механизмах процесса инкапсуляции БАВ на основе ультразвукового подхода и роли ультразвука в процессах встраивания биологически активных компонентов в наноэмulsionционную систему. Будут отработаны режимы

наиболее эффективной инкапсуляции БАВ в наноэмulsionию на основе УЗВ, позволяющие сохранить их биологическую эффективность на всех этапах транспортирования в системе организма человека. Будет предложена методология инкапсуляции БАВ на основе ультразвукового подхода при условии формирования нового уровня эффектов биодоступности и биоактивности, в том числе за счет синергизма всех составных компонентов пищевого матрикса.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Результаты реализации проекта сопоставимы с достижениями мирового уровня и позволят получить приоритетные уникальные данные. Разработанные методы инкапсуляции БАВ в пищевой матрикс на основе УЗВ будут масштабированы и использованы в технологии обогащенных продуктов функциональной направленности, в том числе в условиях реального производства. Полученные результаты могут составлять определенный практический интерес для предприятий АПК и пищевой отрасли.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

Результаты исследовательской работы направлены на раскрытие и теоретическое описание молекулярных механизмов соохимического воздействия на пищевые дисперсные среды:

- созданы и апробированы инновационные технологии получения устойчивых наноэмulsionий типа «масло–вода» на основе соохимического подхода;
- с помощью оригинальных и усовершенствованных методик определены физико-химические характеристики наноэмulsionий, выделены наиболее

перспективные сочетания жировой фракции и эмульгаторов, получены рабочие модели, адекватно описывающие свойства наноэмulsionий;

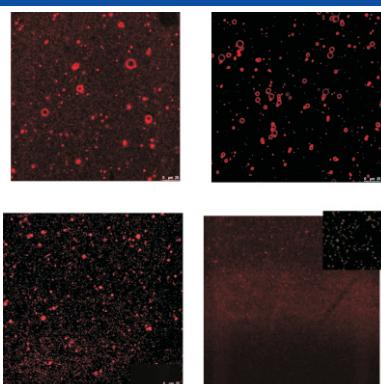
- созданы принципиальные технологические схемы инкапсуляции растительных флавоноидов в наноэмulsionии; изучены ассоциативные взаимодействия БАВ с ингредиентами наноэмulsionий.

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

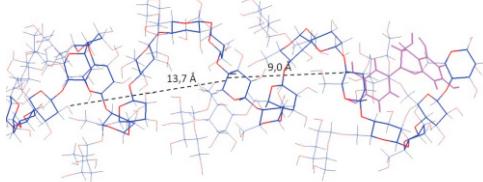
- ООО «БиоТех», ООО «Флавит».

Научно-исследовательские лаборатории и вузы:

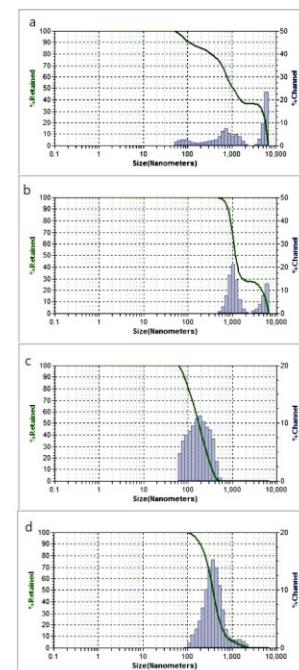
- Лаборатория «Тест-Пущино».
- Институт биофизики клетки РАН, Национальный технологический институт г. Варангал (Индия).
- Медицинский университет Варны (Болгария).



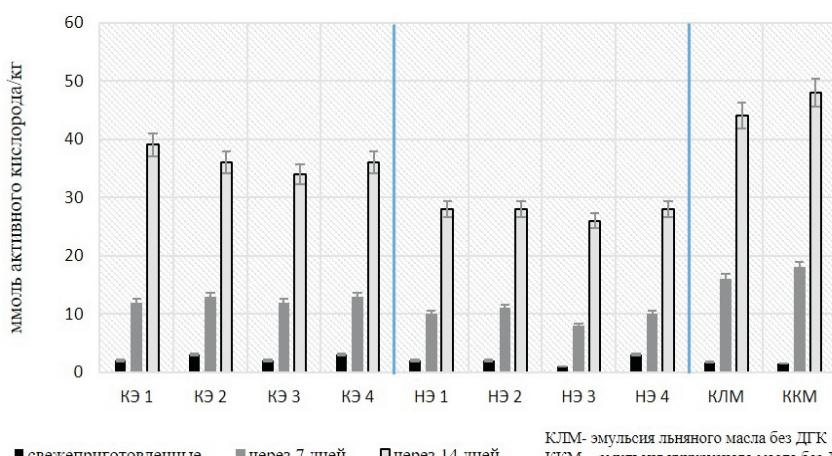
Микрофотографии эмульсий ДГК, полученные с применением конфокального микроскопа (объектив HCX PL APO lambda blue 63.0x1.40)



Фрагмент комплекса гуаровой камеди с ДГК в присутствии компонентов льняного масла в водной среде



Кривые распределения частиц дисперсной системы эмульсий:  
а – КЭ 1, б – КЭ, в – НЭ 1, г – НЭ 2



Микрофотографии эмульсий ДГК, полученные с применением конфокального микроскопа (объектив HCX PL APO lambda blue 63.0x1.40)

# ИНОСТРАНЦЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XVIII СТОЛЕТИЯ ПО МЕТРИЧЕСКИМ КНИГАМ ИНОСЛАВНЫХ ПРИХОДОВ

Руководитель проекта – доктор исторических наук, профессор А.Н. Андреев

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Проект нацелен на системное решение вопроса о социальном облике иностранного населения Санкт-Петербурга в первые десятилетия существования города, реконструкцию иностранного социума во всей полноте его семейных, духовно-родственных и иных взаимосвязей. Достижение цели подразумевает создание масштабного справочного ресурса (словаря, базы данных), персонально учитывающего всех упоминаемых в инославных метрических книгах первой половины XVIII столетия петербургских иностранцев.

## ПУБЛИКАЦИИ

2 научные статьи

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

2 статьи в РИНЦ

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ⦿ Анализ метрических книг инославных приходов Санкт-Петербурга первой половины XVIII в.: римско-католического св. Екатерины, голландской и французской реформатских церквей, евангелическо-лютеранских общин св. Петра, св. Михаила, св. Екатерины и св. Анны, английской конгрегации.
- ⦿ Выявление персонального состава членов инославных общин Санкт-Петербурга в первой половине XVIII в. Формирование баз данных по отдельным приходам с учетом основных социальных характеристик прихожан.
- ⦿ Определение национального, конфессионального и социопрофессионального состава петербургских иностранцев, сравнение показателей демографических процессов в разных инославных приходах имперской столицы.
- ⦿ Анализ родственных и духовно-родственных отношений петербургских иностранцев, раскрытие круга их общения и профессионального взаимодействия через практику кумовства.
- ⦿ Выявление межконфессиональных связей в форме крестного родства и браков с представителями других

конфессий, проведение статистического учета таких браков.

- ⦿ Воссоздание коллективного социального портрета проживавших в Санкт-Петербурге в первой половине XVIII в. выходцев из стран Западной и Центральной Европы (по отдельным конфессиям и национальным группам).

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Получение новых данных (персональных, демографических, социальных, религиозно-антропологических) об иностранном социуме Санкт-Петербурга первой половины XVIII столетия. Иностранные население самого «нерусского» города России будет впервые представлено в системе реконструированных социальных взаимоотношений (включая семейные, духовно-родственные, профессиональные и дружеские связи). Создание и публикация сводного словаря и базы данных петербургских иностранцев первой половины XVIII в. выведет исследования по проблемам «россики» (пребывания и деятельности западноевропейцев в России) на принципиально новый уровень.

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Выводы могут быть учтены при решении современных проблем межрелигиозных отношений, использованы в практической организационной и воспитательной работе, направленной на снижение конфликтного потенциала поликонфессионального российского общества. Базы данных петербургских иностранцев, безусловно, будут востребованы специалистами в области истории общества и государства (российских армии и флота, государственного аппарата, предпринимательства, культуры и искусства), а также генеалогии, демографии, смежных наук.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

- На основе алфавитных перечней иностранцев, зафиксированных в регистрационных журналах католической, англиканской и реформатских общин, были сформированы и опубликованы в свободном доступе в сети Интернет приходские базы данных, посредством которых введены в научный оборот почти четыре тысячи неизвестных имен петербуржцев иноземного происхождения.
  - Получена уникальная биографическая информация о многих знаменитых иноземцах – таких как музыкант Франческо Арайя, генералы Пьер де Бриньи и Адальбер де Кулон, военные и государственные деятели Вилим де Геннин и Бурхард Кристоф Миних, скульпторы Бартоломео Карло Растрелли и Никола Пино, академики Жозеф Никола Делиль и Леонард Эйлер, живописцы Луи Каравак и Филипп Пильман, придворные служители Рейнгольд и Карл Густав Левенвольде, врач Жан Арман Лесток и др.
  - Введены в оборот новые сведения о британских и голландских предпринимателях, уточнен состав ряда торгово-промышленных кланов (Гарднеры из Сомерсетшира, Крампы и Хьюиты, Эдвэрдсы и Прескотты).
  - С целью решения вопроса о социальном облике иностранного населения Санкт-Петербурга первой половины XVIII в. массив данных о католиках, реформатах и членах английской конгрегации был
- изучен методами дескриптивной статистики. Были уточнены национальная и социальная структуры католического, англиканского и реформатских приходов, выявлены некоторые демографические показатели (детская смертность, национальные и конфессиональные параметры духовного родства, процент незаконорожденных детей).
- Сделан вывод о том, что приходы (включая голландский реформатский и «английский») были разнонациональными, причем различались по социальному составу. Среди католиков наиболее весомой оказалась доля ремесленников и гражданских специалистов при довольно низком проценте купцов и государственных служащих, а в английской конгрегации, наоборот, преобладали купцы и предприниматели, хотя бытующее в науке отождествление англиканской общины исключительно с Британской факторией неправомерно. Сравнительно низкий процент младенческой и детской смертности у иноземного населения Санкт-Петербурга, возможно, свидетельствует о сносных бытовых условиях, а также о наложенном медицинском обслуживании (в инославных приходах были свои врачи и фармацевты). У католиков, в отличие от англикан и реформатов, были распространены внебрачные связи (конкубинат).
  - Просопографическими средствами были воссозданы коллективные портреты петербургских католиков, англикан и реформатов. Сделан вывод о том, что иноземцы Санкт-Петербурга (католик, кальвинист, англиканин), как правило, являлись квалифицированными специалистами, образованными людьми, претендовавшими на высокий социальный статус.
  - Особенными чертами характеризуется коллективный социальный портрет уроженцев Великобритании: британцы в своей массе были представлены деловыми людьми, работавшими капиталом и специальными знаниями, чья профессиональная деятельность олицетворяла успехи их родины в различных сферах жизни общества и государства (экономике, технологиях, кораблестроении, военно-морском деле), в создании своеобразной социокультурной среды, в которой будущий Петр Великий вызревал как политик.

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

- Российский государственный исторический архив (г. Санкт-Петербург).
- Центральный государственный исторический архив Санкт-Петербурга.

# МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ СОВЕТСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ В 1930-Е ГГ.

Руководитель проекта – кандидат искусствоведения, доцент Е.В. Конышева

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Сформировать системное представление о целях, формах, эволюции и результатах международных связей советской архитектуры на протяжении 1930-х гг.

## ПУБЛИКАЦИИ

5 научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

3 статьи в Web of Science

1 статья в Scopus

1 статья в журнале из перечня ВАК

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Проследить эволюцию мотивов, задач, приоритетных направлений зарубежных связей советской архитектуры.
- ➋ Определить формы международного взаимодействия и их эволюцию на протяжении 1930-х гг.
- ➌ Изучить институции и механизмы организации международных взаимосвязей.
- ➍ Рассмотреть событийный аспект: реконструировать практики планирования, подготовки и проведения международных мероприятий, их хронологию, цели, формы и результаты.
- ➎ Рассмотреть зарубежные связи советской архитектуры в контексте советской культурной дипломатии 1930-х гг., роль государства и степень автономии архитекторов в вопросах международных связей.
- ➏ Проанализировать влияние на международное взаимодействие трансформации стилевых форм советского зодчества и форм организации творческой деятельности в СССР в 1930-е гг.
- ➐ Проследить представление зарубежного градостроительства и архитектуры в СССР и презентацию советской архитектуры за рубежом: цели, формы, принципы отбора объектов и персоналий, и их трансформацию на протяжении 1930-х гг.

- ➑ Проанализировать формы и задачи публичной презентации международных связей советской архитектуры и их эволюцию на протяжении 1930-х гг.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Проект впервые предполагает комплексное и выстроенное в исторической динамике исследование международных связей советской архитектуры 1930-х гг.

Международные связи не рассматриваются изолированно, а ставятся в историко-культурный контекст, что, во-первых, позволяет включить их в общий процесс культурного взаимодействия советского государства с зарубежьем и в концепцию и практику советской культурной дипломатии и, во-вторых, проанализировать на этом примере систему взаимоотношений творческих интересов и политico-идеологических задач.

Новизна задается также расширением источниковой базы – максимально полным привлечением архивных материалов, до настоящего времени почти не изученных в аспекте заявленной темы, и введением их в научный оборот.



Результаты исследования будут способствовать формированию максимально полной и объемной картины истории советской архитектуры 1930-х гг. с включением ее в международный контекст. Проект предполагается частью более масштабного и хронологически протяженного исследования о международных связях и их эволюции и о взаимовлияниях советской и западной архитектуры на протяжении всей истории советского зодчества, от 1920-х к 1980-м гг., в том числе не только с информационной, но и методологической стороны.

Результаты исследования могут быть использованы при подготовке обобщающих трудов по истории советской архитектуры, а также в учебных курсах для архитектуроедческих, искусствоведческих и исторических специальностей.

## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Формирование системного и комплексного представления о международных взаимосвязях советской архитектуры в 1930-е гг., включающего следующие аспекты:

- цели, формы, приоритетные направления международных связей и их эволюция на протяжении 1930-х гг.;
- хронологические этапы в эволюции международных связей советской архитектуры на протяжении 1930-х гг.;
- институции и механизмы организации международных контактов;
- причины, влиявшие на направление, формы и интенсивность международных контактов;
- механизмы государственного регулирования международных архитектурных связей и характер
- взаимоотношений творческих и политико-идеологических интересов;

- характерные черты практик планирования, подготовки и проведения международных мероприятий, участия в зарубежных мероприятиях (выставки, конкурсы, конгрессы и т. п.);
- характерные черты практик представления зарубежного градостроительства и архитектуры в СССР и советской архитектуры за рубежом: задачи, формы, принципы отбора объектов и персоналий, их трансформация на протяжении 1930-х гг.;
- личностный аспект: акторы международных контактов и принципы их выбора;
- задачи и особенности публичного освещения международных связей советской архитектуры и их эволюция на протяжении 1930-х гг.



Афиша симпозиума в Мичиганском университете США

# МАСТЕРА ФРАНЦУЗСКОЙ СЛОБОДЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ИХ РОЛЬ В «ЕВРОПЕИЗАЦИИ» РУССКОГО ИСКУССТВА ПРИ ПЕТРЕ I

Руководитель проекта – кандидат исторических наук Ю.С. Андреева

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Проект нацелен на системное решение вопроса о влиянии творчества мастеров Французской слободы Санкт-Петербурга на формирование светского «европеизированного» искусства в России при Петре Великом.

## ПУБЛИКАЦИИ

3 научные статьи

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

3 статьи в РИНЦ

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ⌚ Уточнение персонального состава художественного сообщества Французской слободы Васильевского острова в Санкт-Петербурге.
- ⌚ Исследование атрибутированных произведений и проектов мастеров Французской слободы (творений скульптора и декоратора Н. Пино, скульптора и архитектора Б.К. Растрелли, архитектора и дизайнера Ж.-Б. Леблона, шпалерных мастеров Ф. Бегагля и Ж. Рошебо, живописцев Л. Каравака и Ф. Пилемана, литейтщика Ф.-П. Вассу и др.) на предмет стилевых признаков, новаторских приемов [с точки зрения современного состояния западноевропейского и русского искусства], соотношения светского и религиозного начал.
- ⌚ Анализ содержания произведений мастеров Французской слободы, выявление господствующих жанров, преобладающих сюжетов, особенностей раскрытия художественных образов.
- ⌚ Создание максимально полной картины участия мастеров Французской слободы в формировании особенной художественной среды «Петровского парадиза».
- ⌚ Изучение педагогической работы французских мастеров и сложившихся благодаря их деятельности

русско-французских художественных взаимосвязей в эпоху Петра Великого.

- ⌚ Оценка роли мастеров Французской слободы в становлении светского искусства Петровской России – искусства, ориентированного на западноевропейские образцы, уточнение параметров «европеизации» художественной культуры России XVIII в.
- ⌚ Определение характера и границ экспансии французского искусства в России Петровского царствования.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Получение новых научных данных о процессах «европеизации» и секуляризации русского искусства, о влиянии на эти процессы творчества мастеров Французской слободы Санкт-Петербурга. Подлинные произведения будут по-новому осознаны в контексте развития французско-русских отношений, социальной и религиозной жизни авторов. Открытие и изучение неизвестных сторон жизни и творчества ряда мастеров – Б.К. Растрелли, Ф. Пильмана, Н. Пино и др. деятелей искусства, чье творчество имеет непреходящее общероссийское и мировое культурное значение.

Решение принципиально значимого вопроса о характере и границах экспансии французского искусства в России эпохи Петра Великого, особенностях процесса художественной «трансплантации» петербургских иностранцев первой половины XVIII в. выведет исследования по проблемам «рос-сики» (пребывания и деятельности западно-европейцев в России) на принципиально новый уровень.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Научная значимость результатов исследования состоит в расширении теоретической и историко-практической базы для изучения процессов «европеизации» русского искусства XVIII в., открытии новых граней взаимодействия России и Западной Европы в сфере творчества и художественных идей.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

- Уточнен персональный состав художественного сообщества французов в имперской столице, систематизированы сведения о 136 ремесленниках, входивших в него.
- Выяснено, что мастера слободы внесли определяющий вклад в развитие монументально-декоративной и садово-парковой скульптуры в России [Н. Пино, Б.К. Растрелли, Ф.-П. Вассу], монумен-

тально-декоративной живописи (Ф. Пильман, Л. Каравак), архитектуры интерьера (Ж.-Б. Леблон, Н. Пино) и ландшафтного проектирования (Ж.-Б. Леблон, Д. Брокет).

- Установлено, что, исходя из жанровой и образно-языковой характеристики созданных французами произведений, их творческая колония функционировала как автономное объединение, производящее принципиально новое для России искусство. Творения мастеров Французской слободы выступали комплексным средством обмирщения русского искусства, привнесения в него просветительского и игрового начала, содействовали его переводу на общепринятый в странах Западной Европы язык аллегории и мифа.
- Комплексному иконографическому и иконологическому исследованию были подвергнуты десятки атрибутированных произведений изобразительного и декоративно-прикладного искусства, созданных мастерами Французской слободы, а также проектные чертежи (как опубликованные, так и неопубликованные).
- Обосновано положение, что именно мастера Французской слободы воплотили абсолютистскую идеологию Петра I в пластических искусствах, хотя и не обеспечили необходимую политическую корреспонденцию между императором и его подданными.

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

- ФГБУК «Государственный Эрмитаж».
- Российский государственный исторический архив (г. Санкт-Петербург).



Ф. Бегагль и И. Кобыляков, по картону Л. Каравака.  
Шпалера «Полтавская баталия» (1722)



К. Растрелли. Медальон-копир с изображением скульптора, высекающего статую Петра I (1720-е годы)

# ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ФИЛОСОФСКОГО КОНСУЛЬТИРОВАНИЯ: КОМПАРАТИВСКИЙ ПОДХОД

Руководитель проекта – доктор философских наук, профессор С.В. Борисов

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Апробация возможности синтеза подходов философского консультирования и практики экзистенциальной психотерапии и гуманистической психологии.

## ПУБЛИКАЦИИ

19 научных статей

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

1 статья в Scopus

3 статьи в Web of Science

15 статей в РИНЦ



## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

Проблемой нашего исследования является комплекс вопросов, связанных с культурно-историческими, теоретико-методологическими и институциональными аспектами возникновения и распространения такого нового направления современной философии, как философская практика (философское консультирование). Наше исследование посвящено разработке теории обобщения, систематизации и интерпретации обширного эмпирического материала, накопленного за тридцатилетнюю историю существования этого философского направления. На основе этой теории появится возможность историко-философского видения данного направления.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ⌚ Сравнительно-исторический анализ направлений и школ философской практики, построение типологии философской практики.
- ⌚ Сравнительно-исторический анализ российского и мирового опыта философской практики.

- ⌚ Исследование особенностей философской практики применительно к каждому подходу, представленному в нашей типологии на основе анализа литературы, а также на основе интервью или личного участия в индивидуальном или групповом консультировании представителей той или иной школы или направления философской практики.
- ⌚ Открытие постоянно действующего семинара, посвященного исследованию феноменологических и экзистенциальных оснований современных философских практик.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

- ⌚ Разработанная нами типология идей, методов, школ и течений философской практики даст возможность ориентироваться в современной зарубежной философии, отличить это философское направление от различного рода квазинаучных и квазифилософских течений современной массовой культуры.
- ⌚ Посредством нашего сравнительно-исторического исследования будет наложено взаимодействие и сотрудничество с мировыми центрами философской практики для организации новых форм социальной и психологического-педагогической работы, построенной на основе принципов, методов и идей философской практики.

- ➊ Наше исследование позволит объединить усилия философов-практиков России для сознания собственной ассоциации с целью расширения сотрудничества, обмена идеями и в перспективе проведения в России очередной международной конференции по философской практике.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 Г.

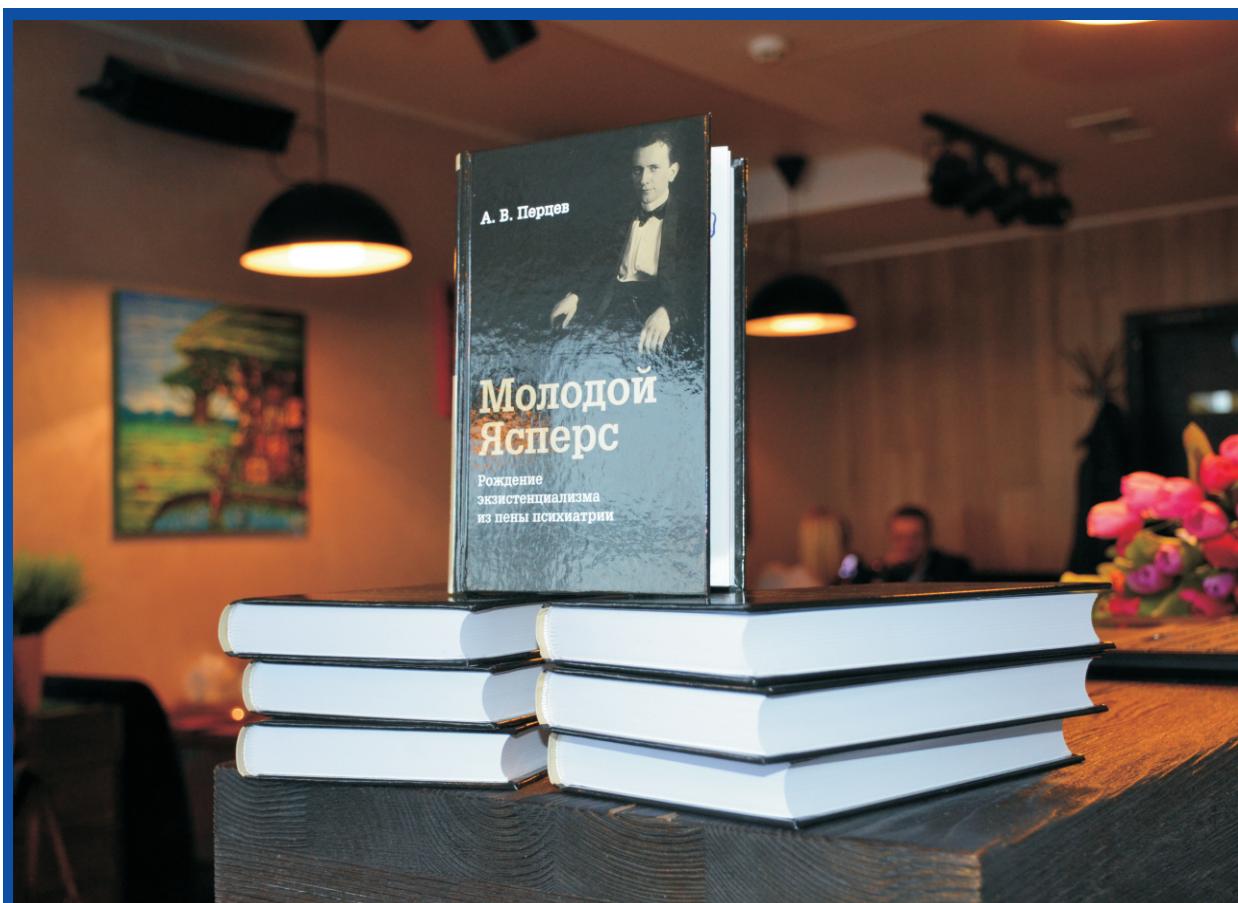
- Сравнительно-исторический анализ направлений и школ философской практики, построение типологии философской практики на основе синтеза подходов философского консультирования и практики экзистенциальной психотерапии и гуманистической психологии.
- Издание монографии, обобщающей результаты исследования: Борисов С.В. Философская практика в современном мире: вызовы и ответы. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. 232 с.
- Очное участие в работе философских ретритов группы «Глубинная философия»: март 2109 (Брандо, Италия), сентябрь 2019 (Орвието, Италия). Интервьюирование, участие в консульта-

ционной или исследовательской работе с представителями этого направления философской практики.

- Организация и проведение философских семинаров в Челябинске с приглашением ведущих специалистов в области философской практики (консультирования): февраль 2019 – семинар О. Бренифье (Франция), май 2019 – семинар Л. Амир (Израиль).
- Разработка и согласование с Институтом философии Российской академии наук и Институтом философии человека Российского государственного педагогического университета «дорожной карты» научных мероприятий, связанных с подготовкой к 16-й Международной конференции по философской практике (Санкт-Петербург, 2020 г.).

## ПАРТНЕРЫ ПРОЕКТА

Известные зарубежные ученые, основатели направления философской практики Г. Ахенбах (Германия), Р. Лахав (США), О. Бренифье (Франция), Х. Барриентос (Испания), У. Кохан (Бразилия), Ж. Маринелли (Италия), Л. Амир (Израиль), М. Тиллманнс (США) стали активными участниками нашего проекта, осуществляли научное консультирование и знакомство со своим авторским методом.



Обмен опытом участников проекта с учеными Уральского федерального университета.  
Презентация новой книги профессора А.В. Перцева по теме проекта

# УРАЛЬСКИЙ РЕГИОН В ВОЕННО-ПУБЛИЦИСТИЧЕСКОМ ДИСКУРСЕ ПЕРИОДА ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ (НА МАТЕРИАЛЕ ОЦИФРОВАННЫХ АРХИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ СССР И СТРАН ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ)

Руководитель проекта – доктор филологических наук О.А. Солопова

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель исследования – выявить закономерности моделирования образа Уральского региона в советском, британском, французском, итальянском, испанском дискурсах в период Великой Отечественной войны.

## ПУБЛИКАЦИИ

12 научных статей

21 доклад на научных конференциях

## ИНДЕКСИРОВАНИЕ

2 статьи в Scopus

3 статьи в Web of Science

## ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➊ Разработать понятийно-терминологический аппарат исследования.
- ➋ Описать структуру и дифференциальные особенности военно-публицистического дискурса. Разработать методику ретроспективного сопоставительного исследования лингвистических средств, направленных на презентацию Уральского региона в анализируемых военно-публицистических дискурсах. Определить универсальные черты и национально-специфические особенности моделирования образа Уральского региона в анализируемых военно-публицистических дискурсах в период Великой Отечественной войны; сопоставить доминантные образы в пяти дискурсах и выявить коррелятивные связи.
- ➌ Внедрить полученные результаты в научный и образовательный процессы ЮУрГУ.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

- ➊ Дифференциация военного, военно-политического и военно-публицистического типов дискурса; разработка понятийно-терминологического аппарата, инструментария и комплексной методики анализа военно-публицистического дискурса.
- ➋ Выявление особенностей военно-публицистического дискурса

периода Великой Отечественной войны, дискурсивная и лингвокультурологическая интерпретация на материале оцифрованных архивных документов каждой страны.

➋ Компаративное исследование моделирования образа Уральского региона в военно-публицистических дискурсах (на материале пяти языков).

➌ Создание факсимильного архива «Уральский регион в период Великой Отечественной войны».

➍ Подготовка экспозиции «Уральский регион в отечественном и зарубежном дискурсах периода Великой Отечественной войны».

➎ Реализация «регионального» компонента (как тематического, так и собственно лингвистического) в вузовской практике.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

- ➊ Возможность опубликовать архивные материалы о событиях и фактах Великой Отечественной войны во всей их полноте (фиксация, анализ и интерпретация архивных документов на пяти языках [русский, английский, французский, испанский, итальянский]).
- ➋ Возможность предоставить документальные публикации по одному из направлений проекта Минобразования «Без срока давности». Разработка уникального информационного ресурса, который предоставляет открытый

доступ к неизвестным и неопубликованным ранее материалам об Урале в период Великой Отечественной войны, создание эффективного канала трансляции исторического знания [с привлечением материала британского, французского, итальянского, испанского дискурсов] и фактографической основы для противодействия попыткам пересмотра и фальсификации причин, итогов и событий одного из самых трагических и героических периодов в истории России.

- ➡ Обновление музейных экспозиций и проведение специальных выставок.
  - ➡ Укрепление образовательного компонента по направлению сохранения памяти о Великой Отечественной войне.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2019 г.

За первый год работы проведены инвентаризация и классификация традиционных методов (методик, приемов) лингвистического исследования политических и публицистических текстов, а также мониторинг источников по теории, методологии и практике анализа военно-публицистического дискурса; предложена параметризация гибридных

форматов дискурса; доказана принадлежность военно-публицистического дискурса к гибридным форматам дискурса; проведен начальный этап работы с филологически представительными массивами данных советского, британского, французского, итальянского, испанского дискурсов, сформирована часть корпусов текстов на каждом языке; разработаны концепция, техническое задание и демоверсия электронного ресурса «Уральский регион в отечественном и зарубежных дискурсах периода Великой Отечественной войны». Материалы и промежуточные результаты проекта апробированы на двух выставках: «Уральский регион в отечественном и зарубежных дискурсах периода Великой Отечественной войны» (на площадке музейно-образовательного комплекса ЮУрГУ), «Сегодня была война» (на площадке Государственного исторического музея Южного Урала); во Всероссийском конкурсе переводов, посвященном Дню Победы в Великой Отечественной войне.

## ПАРТНЕР ПРОЕКТА

- Государственный исторический музей Южного Урала.

# СОДЕРЖАНИЕ

Приветственное слово ректора А.Л. Шестакова.....	3
Достижения научно-исследовательской и инновационной деятельности ЮУрГУ.....	4

## ЦИФРОВАЯ ИНДУСТРИЯ

<b>Дьяконов А.А.</b> Разработка бесступенчатого дифференциального механизма поворота со следящей системой управления для внедорожных и дорожно-строительных машин нового поколения.....	6
<b>Ардашев Д.В.</b> Создание высокотехнологичного производства гидроприводов с гидростатическими направляющими широкой номенклатуры с низким сопротивлением перемещению подвижных частей и повышенным ресурсом для стендового испытательного оборудования.....	8
<b>Карташев А.Л.</b> Разработка интегрированной самонастраивающейся системы управления сложным технологическим комплексом производства, передачи и потребления тепловой энергии и воды на основе BIM и ВЭМ технологий с применением предиктивного анализа данных беспроводных сенсоров и интеллектуальных микропроцессорных устройств.....	10
<b>Соколинский Л.Б.</b> Модели, методы и алгоритмы обработки больших данных в задачах искусственного интеллекта, интеллектуального анализа и глубокого машинного обучения.....	12
<b>Худякова Т.А.</b> Разработка методологии формирования механизмов устойчивого развития промышленных предприятий в условиях стохастической внешней среды.....	14
<b>Тараненко П.А.</b> Разработка методики построения междисциплинарных функциональных моделей расходомеров по результатам расчетных и экспериментальных исследований.....	16
<b>Бескачко В.П.</b> Исследования движений упругого трубопровода, вызванных транспортируемым неоднородным потоком.....	18
<b>Григорьев М.А.</b> Энерго- и ресурсосберегающие электротехнические комплексы для объектов нефтегазового комплекса .....	20
<b>Соколинский Л.Б.</b> Разработка сверхмасштабируемых методов и алгоритмов для решения задач линейного программирования большой размерности с быстро меняющимися исходными данными.....	22
<b>Алеева В.Н.</b> Метод исследования ресурса параллелизма численных алгоритмов суперкомпьютерный кодизайн на основе концепции Q-детерминанта.....	24
<b>Цымблер М.Л.</b> Разработка высокомасштабируемых методов и алгоритмов интеллектуального анализа распределенных данных на высокопроизводительных компьютерных системах с кластерной архитектурой.....	26
<b>Радченко Г.И.</b> Разработка моделей, методов и алгоритмов планирования контейнеризированных вычислительных ресурсов при исполнении потоковых приложений в рамках концепции цифрового предприятия.....	28
<b>Никольская К.Ю.</b> Блокчейн как коммуникативная основа формирования цифровой экономики в современном обществе.....	30

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

<b>Самодурова М.Н.</b> Разработка новых способов и технологий создания изделий электротехнического и конструкционного назначения из углеррафитовых композиционных материалов посредством высокоскоростного динамического формования.....	32
<b>Михайлов Г.Г.</b> Разработка физико-химических основ получения монокристаллов гексафerrитов.....	34
<b>Барташевич Е.В.</b> Многомасштабное моделирование структуры и исследование влияния типа нековалентных взаимодействий на проводящие, упругие и каталитические свойства материалов.....	36
<b>Шарутина О.К.</b> Развитие методов синтеза элементоорганических соединений и комплексов металлов.....	38
<b>Яловец А.П.</b> Физические процессы взаимодействия интенсивных потоков корпускулярного и электромагнитного излучения с композиционными материалами на основе микро и нанопорошков.....	40
<b>Мирзаев Д.А.</b> Разработка научных основ теории фазовых превращений и упрочнения сплавов железа с хромом на базе исследования взаимодействий атомов примесей и дефектов структуры методами многомасштабного моделирования и её приложение к разработке новых сплавов.....	42
<b>Сапожников С.Б.</b> Разработка методики расчетно-экспериментальной оценки хрупкой и квазихрупкой прочности сварных соединений с концентраторами напряжений типа двугранный угол.....	44
<b>Кривцов И.В.</b> Новыеnanoструктурированные катализаторы для ресурсосберегающих технологий.....	46
<b>Аникеев А.Н.</b> Разработка технологии создания градиентно-упрочненных литых материалов для нужд ресурсо-добычающих отраслей промышленности.....	48
<b>Рябов А.В.</b> Разработка научных и технологических аспектов производства бессвинцовистых $bn$ -содержащих легкообрабатываемых сталей.....	50
<b>Ракитин О.А.</b> Новые материалы для фотоники и спинtronики на основе халькогеназильных гетероциклов....	52
<b>Рождественский Ю.В.</b> Развитие теории решения нестационарных задач нелинейной динамики связанных систем упругоподатливых гидродинамических трибосопряжений.....	54
<b>Ким Д.Г.</b> Синтез и исследование свойств конденсированных гетероциклических систем с узловым атомом азота.....	56
<b>Сергеев С.В.</b> Исследование физических механизмов и моделирование воздействия управляемой вибрации на стабилизацию требуемой геометрии дисперсных частиц при размерном диспергировании конденсированных сред.....	58
<b>Ракитин О.А.</b> Новые материалы для фотоники и спинtronики на основе халькогеназильных гетероциклов.....	60

<b>Таскаев С.В.</b> Фундаментальные основы сжижения природного газа с помощью магнитного охлаждения.....	62
<b>Сапожников С.Б.</b> Разработка новых полимерных волокнистых композитных материалов с управляемой нелинейностью механического поведения и методов проектирования из них элементов турбовентиляторных двигателей.....	64
<b>Винник Д.А.</b> Создание и исследование свойств высокоэнтропийных оксидных фаз со структурой магнетоп-люмбита.....	66
<b>Клыгач Д.С.</b> Моделирование и разработка новых функциональных материалов с заданными электромагнитными и механическими свойствами.....	68
<b>Кудрявцев О.А.</b> Разработка новых гибридных полимерных композитных материалов для защитных структур с повышенной энергопоглощающей способностью .....	70
<b>Живулин В.Е.</b> Градиентное замещение атомов железа в кристаллических структурах на основе гексаферритов М-типа.....	72
<b>Гудкова С.А.</b> Создание и исследование высокоэнтропийных фаз со структурой первоскита.....	74
<b>Барташевич Е.В.</b> Концепция пниктогенных, халькогенных, галогенных и тетрельных связей в количественной оценке силы нековалентных взаимодействий в кристаллах.....	76
<b>Винник Д.А.</b> Корреляция особенностей кристаллической структуры и магнитных характеристик в монокристаллах и керамических образцов гексаферритов М-типа с гетеровалентным диамагнитным замещением.....	78
<b>Зайцева О.В.</b> Фазовые равновесия, реализующиеся в многокомпонентных системах, имеющих структуру гексаферритов М-типа.....	80
<b>Аникеев А.Н.</b> Разработка слоистых броневых композиционных материалов, основанных на взаимодействии металлической матрицы с керамическими наполнителями, обладающими невыраженными границами раздела слоев.....	82

## ЭКОЛОГИЯ

<b>Ардашев Д.В.</b> Создание энергоэффективной и экологичной технологии нанесения твердохромовых покрытий на тела вращения.....	84
<b>Еремяшев В.Е.</b> Исследование кристаллизационных процессов, протекающих при синтезе и длительном хранении боросиликатных стеклосодержащих матричных материалов для захоронения радиоактивных отходов.....	86
<b>Винник Д.А.</b> Исследование физико-химических процессов синтеза композиционных минерализаторов солевых растворов тяжелых металлов и радионуклидов для создания новых экологических технологий.....	88
<b>Потороко И.Ю.</b> Разработка технологии синтеза пищевых ингредиентов для создания продуктов питания с адаптогенами свойствами.....	90
<b>Соломин Л.Б.</b> Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования нового метода управления ориентацией ротора горизонтально-осевой ветроэнергетической установки.....	92

## НАУКИ О ЧЕЛОВЕКЕ

<b>Цейликман О.Б.</b> Исследование состояния серотинergicеских нейронов при синдроме посттравматических стрессорных расстройств.....	94
<b>Потемкин В.А.</b> 3D/4D QSAR исследование противоопухолевой, противовирусной и противовоспалительной активности лекарственных средств.....	96
<b>Кретова Ю.И.</b> Микробиота как фактор гомеостаза в адаптации к стрессу.....	98
<b>Гришина М.А.</b> Развитие квантовохимических подходов для анализа электронной структуры комплексов противотуберкулезных средств с биомишенями .....	100
<b>Эрлих В.В.</b> Возрастные особенности системогенеза в адаптации к специфическим нагрузкам спортсменов ситуативных видов спорта [физиологические и психофизиологические аспекты].....	102
<b>Цейликман В.Э.</b> Изучение механизмов развития гипокортикоидного состояния при синдроме посттравматических стрессорных расстройств для разработки новых подходов к коррекции нарушений поведенческой активности и повреждений внутренних органов.....	104
<b>Макаров Г.И.</b> Исследование конформационных изменений в бактериальной рибосоме, вызываемых связыванием антибиотиков и модификацией нуклеотидных остатков 23S рРНК.....	106
<b>Фекличева И.В.</b> Нейрофизиологические механизмы индивидуальных различий интеллекта.....	108

## СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

<b>Епимахов А.В.</b> Пограничье культурных миров (Южный Урал от древности до Нового времени).....	110
<b>Гутенев М.Ю.</b> Научная дипломатия в Арктике как инструмент внешнеполитического воздействия.....	112
<b>Потороко И.Ю.</b> Ультразвуковая инкапсуляция биологически активных соединений для размещения в пищевой матрице.....	114



<b>Андреев А. Н.</b> Иностранные Святопетербурга в первой половине XVIII столетия по метрическим книгам инославных приходов.....	116
<b>Конышева Е.В.</b> Международные связи советской архитектуры в 1930-е гг.....	118
<b>Андреева Ю. С.</b> Мастера французской слободы Санкт-Петербурга и их роль в «европеизации» русского искусства при Петре I.....	120
<b>Борисов С.В.</b> Теория и практика философского консультирования: компаративистский подход.....	122
<b>Солопова О.А.</b> Уральский регион в военно-публицистическом дискурсе периода Великой Отечественной войны (на материале оцифрованных архивных документов СССР и стран Западной Европы).....	124

Дизайн и верстка издания выполнены  
в Учебно-производственном центре рекламных технологий  
Управления маркетинга и стратегических коммуникаций ЮУрГУ  
Руководитель проекта: Панфилова Г.Н.  
Дизайн и верстка: Скороход Е.В., Билалова А.Н.  
Редактура и корректура: Уварова С.И.

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 03.02.2020. Формат 60'84 1/8. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 14,88. Тираж 100 экз. Заказ 17/37.

Отпечатано в Учебно-производственном центре рекламных технологий  
Управления маркетинга и стратегических коммуникаций ЮУрГУ.  
454080, г. Челябинск, ул. С. Кривой, 79.