

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт  
лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук



«Утверждено»

Директор ИЛФ СО РАН, чл.-к. РАН

А.В.Тайченачев

Приказ №85 от 24.12.2019г.

Программа развития

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института  
лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИЛФ СО РАН)

на 2019-2024 годы

Новосибирск

2019

ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ  
 ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ  
 СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИЛФ СО РАН)  
 НА 2019-2024гг.

РАЗДЕЛ 1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1	Информация о научной организации	
1.1.	Полное наименование	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук
1.2.	Сокращенное наименование	ИЛФ СО РАН
1.3.	Фактический (почтовый) адрес	630090, Новосибирская область, город Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, дом 15Б
2.	Существующие научно-организационные особенности организации	
2.1.	Профиль организации	"1.Генераторы знаний" "2.Разработчики технологий"
2.2.	Категория организации	1-я категория
2.3.	Основные научные направления деятельности	<ul style="list-style-type: none"> <li>• актуальные проблемы оптики и лазерной физики, в том числе лазерная спектроскопия сверхвысокого разрешения и ее фундаментальные приложения;</li> <li>• прецизионная лазерная метрология, лазерные стандарты частоты и времени, оптические часы;</li> <li>• генерация фемто- и аттосекундных импульсов;</li> <li>• квантовая и атомная оптика;</li> <li>• нанофотоника, квантовая информатика;</li> <li>• взаимодействие лазерного излучения с веществом;</li> <li>• твердотельные и полупроводниковые лазерные системы и материалы, в том числе наноматериалы квантовой электроники;</li> <li>• энергетика мощных лазеров для научных</li> </ul>

		<p>исследований и технологий;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• фундаментальные основы лазерных технологий, в том числе навигация, связь, медицина, лазерные нанотехнологии, обработка и модификация материалов.</li></ul> <p>Научные направления деятельности соответствуют <b>приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации, определенным Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642</b> в части:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта;</li><li>✓ противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства;</li><li>✓ связанность территории Российской Федерации за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, а также занятия и удержания лидерских позиций в создании международных транспортно-логистических систем, освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики.</li></ul>
--	--	--

## РАЗДЕЛ 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ

### 2.1. Цель Программы развития

Проведение фундаментальных исследований в области прецизионной и экстремальной фотоники и лазерно-плазменных технологий, развитие и совершенствование передовой инфраструктуры научных исследований и опытно-конструкторских разработок обеспечивающих повышение эффективности фундаментальной науки, образования и инновационной деятельности. Создание и внедрение перспективных лазерных систем и технологий, лазерно-плазменных экспериментальных стендов и технологических установок и производства в областях, определяемых приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации. Модернизация уникальных стендов и установок, сохраняющих приоритетный уровень в РФ и в мире с целью выхода на передовые позиции. Сохранение лидирующих позиций в областях прецизионной и экстремальной лазерной физики, лабораторного моделирования космической плазмы, лазерно-плазменных технологий. Создание научного задела в новых спектральных областях, новых принципов лазерных источников, новых оптических сред и материалов.

### 2.2. Задачи Программы развития

Модернизация исследовательской инфраструктуры в интересах фундаментальной науки и образования на основе лазерных и лазерно-плазменных экспериментальных стендов, лазерных и оптических технологических установок. Генерация перспективных знаний в области экстремально прецизионных лазерных систем, лазерных полей экстремальной интенсивности, навигационных и информационно-телекоммуникационных систем, космической плазмы, лазерно-плазменных процессов, биомедицины, оптики атмосферы. Подготовка необходимых высококвалифицированных кадров, создание непрерывного цикла научных исследований и опытно-конструкторских разработок, обеспечивающих постоянное совершенствование научной и технической продукции и продвижение ее на мировом рынке.

Разработка и внедрение новых навигационных, информационно-телекоммуникационных, промышленных, специальных, космических и перспективных технологий, на основе уникальных экспериментальных и опытно-промышленных установок с параметрами, превосходящими мировой уровень. Создание новых эффективных лазерных источников в инфракрасной и ультрафиолетовой областях и их применение в промышленности, биомедицине, мониторинге атмосферы, ионосферы и климата.

Реализация проектов полного цикла по направлениям стратегий НТР, включающих фундаментальные исследования, прикладные разработки, опытно-конструкторские работы и запуск производства с целью создания новых рынков и выпуска новой продукции в области лазерных систем, лазерных и лазерно-плазменных технологий.

## РАЗДЕЛ 3. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОГРАММА **Экстремально мощная и прецизионная фотоника, лазерно-плазменные и биомедицинские технологии**

### 3.1. Лазерная физика, оптические часы, лазерно-плазменные технологии, экстремальные световые поля, космическая плазма

### 3.2. Аннотация научно-исследовательской программы

Программа соответствует **приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации, определенным Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642** в части:

- ✓ переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта;
- ✓ противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства;
- ✓ связанность территории Российской Федерации за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, а также занятия и удержания лидерских позиций в создании международных транспортно-логистических систем, освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики.

Программа направлена на решение **Указа президента «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»** в части:

- ускорение технологического развития Российской Федерации, увеличение количества организаций, осуществляющих технологические инновации, до 50 процентов от их общего числа;
- обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере;
- вхождение Российской Федерации в число пяти крупнейших экономик мира, обеспечение темпов экономического роста выше мировых при сохранении макроэкономической стабильности, в том числе инфляции на уровне, не превышающем 4 процентов;
- создание в базовых отраслях экономики, прежде всего в обрабатывающей промышленности и агропромышленном комплексе, высокопроизводительного экспортно-ориентированного сектора, развивающегося на основе современных технологий и обеспеченного высококвалифицированными кадрами.

Цели и задачи соответствуют **«Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период 2021-2035 гг.»**

Дальнейшее практическое освоение ближнего космоса, включая глобальные информационные и телекоммуникационные системы, невозможно без разработки сверхточных оптических часов, мобильных и космического базирования, которые основываются на прецизионных лазерных технологиях. Основными конкурентами в области сверхточных оптических часов являются ведущие метрологические мировые центры (NIST США, PTB Германия, SYRTE Франция, NPL Великобритания, INRIM Италия, RIKEN Япония, WIPM Китай и др.). Планируется достижение рекордной точности оптических часов  $10^{-20}$  на базе новых принципов разработанных и

исследованных в ИЛФ СО РАН. Создание мобильных оптических часов для глобальных навигационных систем имеет цель превзойти точность конкурирующих систем навигации (GPS, Galileo, Beidu и др.).

Новый этап в развитии лазерной физики и техники связан с генерацией сверхсильных оптических полей ультрарелятивистской интенсивности ( $>10^{23}$  Вт/см<sup>2</sup>) и их применением в фундаментальных и прикладных исследованиях. Реализация эффективного когерентного сложения полей в многоканальном варианте с суммарной энергией мульти-джоульного уровня с высокой частотой повторения импульсов откроет принципиально новые горизонты исследования материальных сред, ультрарелятивистской и аттосекундной фотоники, генерации рентгеновского излучения с выходом в гамма диапазон, технологий лазерно-плазменного ускорения заряженных частиц и адронной терапии в медицине. Аналогов предлагаемой к созданию мультипетаваттной лазерной системы, работающей в частотном режиме с активной фазово-частотной привязкой всех каналов к сверхточным оптическим часам, в России и за рубежом нет.

Фундаментальные исследования ближнего космоса и Радиационных Поясов мотивированы задачей защиты космической инфраструктуры - группировок GPS, Глонасс, и низкоорбитальных аппаратов. Основная угроза исходит от периодических и относительно кратковременных усилений потока релятивистских частиц, вызванных солнечной активностью, а также искусственными воздействиями. Возмущение нижней магнитосферы и ионосферы Земли, приводящее к искажению радиосигналов, остается важнейшей проблемой в повышении надежности и точности систем связи и глобальной навигации. Важнейшим элементом изучения околоземных плазменных явлений является лабораторное моделирование. В США флагманом является Большая Плазменная Установка (LAPD). В настоящее время Китай создает установку нового поколения (DREX) в рамках национальной программы исследования космической плазмы, которая превысит существующие аналоги на один-два порядка. Перспективный план развития ИЛФ СО РАН включает создание новой установки КИ-10, которая качественно и количественно опередит имеющихся и потенциальных конкурентов в мире.

В развитых странах открываются и постоянно модернизируются центры на основе импульсных сверхмощных лазерных систем от кило до мега джоульного уровня для изучения фундаментальных плазменных процессов с одной стороны, и центры на основе мощных непрерывных лазеров мульти-киловаттного уровня для создания новых промышленных технологий плазменной обработки с другой. В области лазерно-плазменных методов обработки происходят революционные изменения, связанные с разработкой и применением мощных импульсно-периодических лазерных систем. Мощное импульсное излучение с высокой частотой повторения многократно качественно и количественно повышает эффективность и производительность промышленной обработки, синтеза и модификации материалов, 3D аддитивных технологий. ИЛФ СО РАН имеет приоритет в разработке технологий, основанных на применении пульсирующей лазерной плазмы. Имеющиеся прототипы лазерных комплексов в несколько раз превосходят зарубежные аналоги по эффективности, при цене в 2 раза ниже, используют отечественные материалы и комплектующие. Для масштабного внедрения в разных отраслях машиностроения, энергетики, ОПК, а также в авиационной и транспортной технике, включая технику для экстремальных условий эксплуатации в Арктике, необходимо создание инновационного центра с новым опытным производством, что предусмотрено в перспективной программе развития института.

Разработка новых эффективных источников лазерного излучения в сторону меньших (УФ) и больших (ИК, терагерцы) длин волн относительно оптического диапазона на основе новых нелинейных материалов и новых принципов открывает возможности практического применения в самых разнообразных областях – биомедицине, мониторинге атмосферы и океана, оборонном комплексе и т.д. В настоящий момент развитие такого рода новых технологий сдерживается дороговизной и сложностью имеющихся источников лазерного излучения. ИЛФ СО РАН имеет длительный опыт внедрения УФ лазеров в медицине и ИК лазеров в мобильных лидарах и анализаторах воздуха. Для успешной конкуренции с зарубежными продуктами необходимо создание широкой кооперации с коммерческими структурами как для привлечения инвестиций в фундаментальные разработки, так и для их коммерциализации.

Программа состоит из краткосрочного блока, основанного на существующем государственном задании и дорожной карте до 2021 г., среднесрочной перспективе, основанной на плане комплексного развития Академгородок 2.0 в рамках Сибирского отделения РАН до 2025 г., и долгосрочной перспективе до 2030 г. в рамках госпрограммы «Научно-технологического развития РФ» и «Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период 2021-2035 гг.». Цели программы направлены на решение ряда конкретных задач национального проекта «Наука» и входящих в его состав федеральных проектов.

В рамках программы и на базе существующих установок и экспериментальных стендов планируется создание уникального многофункционального центра. Будут одновременно применяться газовые, твердотельные и диодные мощные лазерные системы, как непрерывные, так и импульсные, импульсно-периодические с высокой частотой повторения. Нигде в мире нет такого сочетания энергетических (1000 Дж в импульсе, 10 кВт непрерывной мощности), экстремально интенсивных ( $10^{23}$  Вт/см<sup>2</sup>) и ультракоротких импульсных ( $<10^{-15}$  с) лазерных систем, используемых одновременно для фундаментальных исследований космических и астрофизических процессов, новых физических явлений в сверхсильных и ультрарелятивистских оптических полях, оборонных задачах, разработке инновационных лазерно-плазменных технологий, оптических стандартов частоты и оптических часов нового поколения.

### 3.3. Цель и задачи научно-исследовательской программы

Цель программы состоит в обеспечении устойчивого роста, результативности, увеличения внебюджетных объемов финансирования по основным направлениям научных исследований Института. В областях, где Институт является лидером в РФ и имеет приоритетное положение в мире, ставится цель комплексной модернизации для достижения опережающего развития РФ. По направлениям, имеющим прикладную направленность, ставится цель интеграции с коммерческими структурами для получения инвестиций, повышения конкурентоспособности и коммерциализации ранее созданных разработок, а также открытия новых направлений, ранее не выполнявшихся в РФ.

Среднесрочные и долгосрочные цели и задачи включают:

- Создание лазерных и лазерно-плазменных экспериментальных стендов, технологических установок и производства в интересах космической индустрии, оборонно-промышленного комплекса, транспорта, машиностроения, нефтегазового комплекса, энергетики и

связи, здравоохранения.

- Создание исследовательской инфраструктуры в интересах фундаментальной науки и образования, генерации перспективных технологий в области экстремальных лазерных полей, навигационных и информационно-телекоммуникационных систем, космической плазмы.

- Разработку и внедрение новых промышленных, специальных, космических и перспективных технологий, а также экстремально мощных и экстремально прецизионных лазерных систем, на основе уникальных экспериментальных и опытно-промышленных установок с параметрами, превосходящими мировой уровень.

Краткосрочные и среднесрочные конкретные научные задачи и цели программы связаны с направлениями научных исследований Института:

### **Создание лазерных технологий высокоточных компактных стандартов частоты и высокочувствительных квантовых сенсоров для развития наземной и космической навигации и связи**

Целью данного направления является разработка фундаментальных основ лазерных технологий для создания прецизионных атомных часов и сенсоров гравитационного и магнитного поля Земли, включая компактные, предназначенных для использования в метрологии, спектроскопии, связи и навигации. Конкретные задачи включают:

- разработка оптимальных схем и проведение исследований волоконного и кристаллического фемтосекундных синтезаторов для компактных прецизионных оптических часов;
- разработка технологий создания компактных оптических стандартов частоты на базе кольцевых одночастотных твердотельных лазеров с полупроводниковой диодной накачкой;
- разработка технологий создания сверх миниатюрных атомных стандартов частоты и магнитометров на основе резонансов когерентного пленения населенности, возбуждаемых полупроводниковыми лазерами с вертикальным резонатором, с использованием разработанных в ИЛФ СО РАН методов увеличения контраста и подавления световых сдвигов частоты резонанса.
- решение научной задачи полностью контролируемого приготовления, манипуляции и опроса квантовых состояний внутренних и поступательных степеней свободы ансамблей ультрахолодных атомов, связанной с физической реализацией атомно-оптических интерферометров, основанных на расщеплении и рекомбинации волн де Бройля атомов, а также с созданием высокочувствительных квантовых сенсоров (гравиметров, градиентометров, гироскопов и магнитометров) на базе таких интерферометров.

### **Разработка и исследование физических принципов прецизионной лазерной спектроскопии с использованием ультра-холодных атомов и ионов для оптических стандартов частоты и времени (оптических часов) нового поколения с долговременной нестабильностью частоты на уровне $10^{-18}$ - $10^{-19}$**

Основными задачами данного направления являются исследования полевых сдвигов частоты реперного резонанса и разработка методов подавления этих сдвигов до уровня необходимого для достижения точности и стабильности оптических часов порядка  $10^{-18}$  –  $10^{-19}$ . Кроме того, предполагается развитие теоретических и экспериментальных методов пленения и охлаждения атомов.



Планируется проведение теоретических исследований и развитие экспериментальных методов сверхглубокого лазерного охлаждения атомов в магнитооптических ловушках и оптических решетках, а также методов лазерного охлаждения и пленения одиночных ионов. Данные методы должны позволить описать и реализовать механизмы лазерного охлаждения и локализации атомов в оптических решетках для достижения режима Лэмба–Дике, что является необходимым требованием для устранения влияния эффекта Доплера и эффекта отдачи на точность определения центра линии поглощения узкого оптического перехода.

### **Развитие физических основ лазерных источников излучений предельно высокой интенсивности на основе когерентного сложения полей и их фундаментальные приложения**

Основная цель по данному направлению состоит в развитии физических основ лазерных источников излучения ультрарелятивистской интенсивности на принципе когерентного сложения полей, выявлении особенностей взаимодействия высокоинтенсивного фемтосекундного лазерного излучения с материальными средами и генерации аттосекундных импульсов. К основным задачам относятся:

- развитие научных принципов и средств поэтапной разработки и создания многоканальных лазерных фемтосекундных систем с когерентным сложением полей предельно высокой интенсивности, достигающей ультрарелятивистского уровня ( $10^{23}$  Вт/см<sup>2</sup>), для развития новых фундаментальных направлений в физике и нелинейной оптике;
- разработка высокоинтенсивной фемтосекундной лазерной системы с высокой частотой повторения импульсов при лазерной диодной накачке и криогенным охлаждением замкнутого цикла активных элементов для повышения средней мощности и эффективности высокоинтенсивных лазерных систем, развития новых научно-технологических направлений, таких как, ускорение заряженных частиц лазерно-плазменным методом и генерация направленного гамма излучения для широкого класса фундаментальных и прикладных задач;
- получение новых данных и знаний о природе и механизмах взаимодействия высокоинтенсивных фемтосекундных импульсов с материальными средами в различных спектральных диапазонах, включая ближний и средний инфракрасные области спектра, и генерации высших гармоник, а также формирования импульсов аттосекундной длительности.

### **Моделирование космических явлений большой энергии и ударно-волновых процессов в магнитосфере и ионосфере Земли на уникальном экспериментальном стенде КИ-1 с использованием лазерной плазмы и импульсно-периодических лазеров**

Основные задачи данного направления состоят в экспериментальных исследованиях процессов в космической плазме методами лабораторного и численного моделирования. Целями исследования является изучение новых процессов генерации, трансформации и взаимодействия альфвеновских и магнитозвуковых волн; бесстолкновительного взаимодействия сверхзвуковых потоков многокомпонентной плазмы; формирования нелинейных возмущений и ударных волн; моделирование взрывных возмущений магнитосферы и ионосферы Земли, моделирование взаимодействия пульсирующей плазмы с космическими объектами и магнитными полями, а также с поверхностями промышленных материалов. Конкретные задачи: разработка новых способов волновой передачи энергии и момента импульса на далекие расстояния в ионосфере и магнитосфере Земли; развитие моделей взрывных выбросов плазмы в ионосфере и магнитосфере Земли и предсказания динамики их продуктов, что открывает новые возможности обеспечения безопасности спутниковой группировки РФ; создание модели экзосферы Горячих Юпитеров для интерпретации и планирования

астрономических наблюдений, в том числе российского космического телескопа Спектр-УФ; разработка и создание высокоточных лазерно-плазменных методов экспериментального моделирования и исследования источников гравитационных волн. Важной задачей является модернизация и разработка диагностических методов, а также более эффективных способов создания лазерной плазмы, что обеспечит, в случае создания стенда следующего поколения КИ-10, мировое лидерство в области лабораторного моделирования космической плазмы.

#### **Лазерно-плазменные технологии с использованием высокочастотных импульсно-периодических лазеров**

Целями и задачами данного направления являются разработка новых комбинированных способов обработки поверхности материалов синтеза новых (многослойных, композиционных, микро и наноструктурированных) материалов и покрытий с уникальными свойствами для промышленных и специальных применений; эффективные лазерно-плазменные технологии для промышленности, позволяющие многократно повысить ресурс и энергоэффективность изделий в машиностроении, энергетике, ОПК, авиационной (включая гиперзвуковую авиацию) и космической техники; внедрение отечественных лазерных комплексов в промышленность.

#### **Новые предельно чувствительные люминесцентные методы исследования взаимодействия лазерного излучения с веществом**

Цель данного направления состоит в развитии и применении новых эффективных высокочувствительных люминесцентных методов исследования механизмов линейного и нелинейного взаимодействия лазерного излучения с веществом. Исследования направлены на решение следующих научных и практических задач. Развитие методов люминесцентной регистрации и измерения свойств единичных молекул вещества по характеристикам квантовых траекторий интенсивности их люминесценции. Создание нового класса функциональных сред – нелинейных объемных флуоресцентных фотографических материалов с наноразмерным пространственным разрешением для визуализации, регистрации, хранения и оцифровки пространственных картин высоконелинейного взаимодействия света и вещества и измерения пространственных распределений соответствующих характеристик. Развитие новых методов люминесцентной микрофотографии, основанной на лазерной сканирующей флуоресцентной микроскопии с временным разрешением в режиме время-коррелированного счета одиночных фотонов. Апробация люминесцентного Z-сканирования как метода измерения эффективных значений тензора нелинейной восприимчивости третьего порядка в экспериментах со сверхсильными оптическими полями.

#### **Прецизионные лазерные информационно-телекоммуникационные технологии для мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды**

Основные задачи данного направления: разработка методов мониторинга и прогнозирования состояния сейсмоопасных зон, специальных подвижных и стационарных объектов; разработка методов построения систем телекоммуникаций наземного и наземно-космического базирования в условиях туманов и облачности для увеличения пропускной способности и помехоустойчивости; создание основ методики предсказания значимых сейсмособытий в локальной зоне мониторинга в Байкальском регионе.

### **Разработка и создание малогабаритных перестраиваемых источников когерентного излучения в среднем ИК и ТГц диапазонах на новых нелинейных средах для применения в биологии, медицине и других областях**

Проведение исследований по созданию малогабаритных перестраиваемых источников лазерного излучения среднего ИК и ТГц диапазонов для широкого круга применений, включая технологию, газоанализ, биологию, медицину, специальные применения включая:

- создание источников излучения среднего ИК и ТГц диапазонов на основе нелинейного преобразования;
- разработка и апробация оптических схем и технических решений лазерных источников, пригодных для построения современных приборов различного назначения для последующего внедрения в нашей стране и за рубежом;
- проведение исследований по влиянию ТГц излучения на биологические объекты.

### **Разработка новых лазерных биомедицинских технологий на основе исследования процессов и механизмов взаимодействия УФ и ИК излучения с биологическими тканями и клеточными структурами для диагностики, терапии и хирургии**

Цель направления – разработка создание новых лазерных источников инфракрасного, видимого и ультрафиолетового диапазонов для исследования процессов и механизмов воздействия непрерывного и импульсного высокоинтенсивного излучения на биологические ткани, клеточные и внеклеточные живые структуры (бактерии, вирусы и грибки), а также на иммунную систему организма. Оптимизация параметров лазерного излучения для последующего использования полученных результатов в диагностике, терапии и хирургии; разработка новых лазерных медицинских технологий и образцов прогрессивной и доступной медицинской техники с уникальными возможностями в новых областях применения. Конкретные задачи:

- создание новых УФ газоразрядных эксимерных лазеров в области 200 – 290 нм, имеющих конкурентные преимущества по сравнению с существующими эксимерными лазерами для применений в офтальмохирургии;
  - исследование воздействия мощного импульсного УФ и ИК лазерного излучения на биологические ткани и клеточные структуры.
- Разработка новых не инвазивных лазерных методов диагностики заболеваний в области офтальмологии;
- исследование и раскрытие механизма лечебного действия мощного коротко-импульсного УФ лазерного излучения при проведении антиглаукомных операций;
  - исследования воздействия мощного УФ лазерного излучения на иммунную систему организма с целью разработки новых лазерных методик лечения вирусных заболеваний;
  - исследования процессов и механизмов взаимодействия лазерного излучения с клеточными и внеклеточными живыми структурами (бактерии, вирусы и грибки) в диапазоне спектра от инфракрасного до ультрафиолетового и оптимизации параметров излучения для направленного воздействия эти живые структуры с целью лечения поверхностных форм вирусных и грибковых заболеваний.

#### 3.4. Уровень научных исследований по теме научно-исследовательской программы в мире и Российской Федерации

В настоящее время лазерная спектроскопия и квантовая метрология являются одними из наиболее важных и активно развивающихся направлений в современной физике. Актуальной задачей современной лазерной спектроскопии является создание

оптических стандартов частоты с относительной неопределенностью на уровне  $10^{-18}$  и ниже. Увеличение точности измерения частоты позволяет выполнять проверку фундаментальных физических теорий, таких как теория относительности (как специальная, так и общая), квантовая электродинамика, квантовая хромодинамика, квантовые теории теории, предсказывающая дрейф фундаментальных физических констант и др. От точности измерения частоты и времени напрямую зависят технические характеристики информационно-телекоммуникационных сетей, глобальных систем спутниковой навигации и т.д. Наиболее перспективными направлениями в данной области, являются разработки оптических стандартов частоты на ионах в радиочастотной ловушке и стандартов на ансамбле нейтральных атомов в оптических решетках. Оптические стандарты частоты и времени (оптические часы) имеют широкую перспективу использования в различных областях науки и техники. Основой современных оптических часов являются лазерные системы. К настоящему времени в ИЛФ СО РАН предложены и исследованы физические принципы работы прецизионных оптических часов, а также лазерные технологии их создания для конкретных областей применения. Современные навигационные системы (например, ГЛОНАСС и GPS) используют атомные часы радиодиапазона и радиопередачу навигационных сигналов. Революционное увеличение точности позиционирования (вплоть до субсантиметрового уровня) возможно только при использовании оптических атомных часов и передачи навигационных сигналов в оптическом диапазоне частот. Практическая реализация этих устройств требует решения ряда принципиальных физических проблем фундаментального характера, чем сейчас занимается ИЛФ СО РАН наряду с ведущими метрологическими центрами (NIST США, PTB Германия, SYRTE Франция, NPL Великобритания, RIKEN Япония, WIPM Китай и др.). Создание мобильных оптических часов для глобальных навигационных систем имеет цель превзойти точность конкурирующих систем навигации (GPS, Galileo, Beidou и др.).

В последние годы наметилась новая тенденция в развитии атомных стандартов частоты, связанная с уменьшением их физических размеров, энергопотребления и стоимости, при сохранении достаточно высокой точности и стабильности частоты. В ближайшей перспективе такие устройства, став коммерчески доступными, существенно потеснят широко применяемые кварцевые стандарты частоты, а также стандарты частоты, использующие оптическую накачку и возбуждение резонанса радиочастотным полем. Кроме того, возможны новые приложения, связанные именно с миниатюрностью новых атомных часов, например в области прецизионного управления подвижными объектами, в том числе беспилотными. Одним из наиболее многообещающих направлений является создание микроволновых атомных часов, основанных на полностью оптической технологии, т.е. без использования микроволнового резонатора. Такие часы могут быть созданы на основе явления когерентного пленения населенностей.

ИЛФ СО РАН является одним из лидеров в мире и РФ в области разработки и создания оптических часов и разработки мобильных оптических часов. В Институте выполнен цикл пионерских работ по новым методам прецизионной спектроскопии ультрахолодных атомов и ионов и их экспериментальной реализации. В рамках настоящей программы планируется достижение рекордной точности оптических часов на базе новых принципов.

Разработка физических основ лазерных систем предельно высокой интенсивности, превышающей ультрарелятивистский уровень, является одним из наиболее важных направлений, связанным с развитием ультрарелятивистской лазерной физики, нелинейной оптики и фундаментальных приложений, в том числе экспериментальной квантовой электродинамики. Имеется ряд

зарубежных программ - ELI, XFEL, IZEST, ICAN, XCELS. В РФ проблемой занимаются научные коллективы ведущих физических институтов ИПФ РАН, ФИАН, ИОФ РАН, ИЛФ СО РАН и др. Аналогов создаваемой в ИЛФ СО РАН мульти-петаваттной лазерной системы, работающей в частотном режиме с активной фазово-частотной привязкой всех каналов к сверхточным оптическим часам в России и за рубежом нет. В ИЛФ СО РАН разработан принципиально новый метод создания фемтосекундной лазерной системы с длительностью импульсов 5-10 фс и пиковой мощностью, превышающей мультипетаваттный уровень, используя принцип когерентного сложения полей лазерного излучения в многоканальных системах. Теоретически показано и впервые экспериментально реализовано когерентное сложение полей, усиленных фемтосекундных импульсов в двухканальном варианте мультитераваттного лазерного комплекса с интенсивностью до  $10^{19}$  Вт/см<sup>2</sup>.

Физика космической плазмы охватывает ионосферу и магнитосферу Земли, межпланетное пространство и Солнечный Ветер, Солнечную корону и Гелиосферу. В последние годы круг задач увеличился в связи с обнаружением планет у других звезд – экзопланет, и взаимодействия их экзосфер со звездным ветром. Исследование разнообразных процессов и сложного поведения космической плазмы необходимо для радиосвязи, эффективной работы систем космической навигации, понимания природы и прогнозирования Солнечных вспышек и космической погоды в целом, безопасности спутников, правильной интерпретации различных спутниковых измерений, разработки новых систем для пилотируемых полетов к другим планетам, прогнозирования последствий искусственных взрывных воздействий на магнитосферу и ионосферу, решения ряда фундаментальных астрофизических задач. Исследования космической плазмы ведутся по трем направлениям – спутниковые измерения за пределами Земли, численные расчеты на суперкомпьютерах и лабораторное моделирование. Лабораторные эксперименты являются уникальным инструментом получения новых фактических данных о процессах и явлениях, независимым способом проверки теорий и численных кодов, первичного испытания образцов и инженерных концепций. В настоящее время для целей исследования космической плазмы на Земле работает несколько крупных установок. В США главным центром является LAPD в Калифорнийском институте, где исследуются волновые явления. В Китае создается установка нового поколения DREX для моделирования магнитосферы Земли и радиационных поясов. Масштаб планируемых плазменных структур порядка 2 м и величина дипольного магнитного момента на два порядка превышающий существующие системы делают значительный шаг вперед и позволяют реализовать моделирование ряда явлений в реальной геометрии геомагнитного поля.

Отдел лазерной плазмы ИЛФ СО РАН является единственным в России и возможно в мире, где сочетаются фундаментальные исследования космической плазмы и процессов в магнитосфере Земли на основе уникальной лазерной установки «Космические Исследования - 1» и разработка технологий промышленной обработки материалов на основе высокочастотного импульсно-периодического лазерного стенда. На стенде получен ряд уникальных и приоритетных результатов, связанных с взрывными процессами в околоземной и космической плазме, эффективности передачи энергии от взрывной плазмы для проблем инерционного синтеза и ракетных двигателей, моделирования экстремальных состояний магнитосферы Земли при воздействии мощных Солнечных вспышек, выполнен ряд специальных исследований для Росатома, Роскосмоса, ИСС им. Решетнева. Планируемое в рамках перспективной программы развитие создание установки КИ-10 качественно и количественно опередит имеющихся и потенциальных конкурентов в мире. Для изучения импульсно-периодических процессов для технологических применений созданы уникальные 5 кВт

лазеры с частотой повторения импульсов до 150 кГц. Разработан ряд эффективных лазерно-плазменных методов и технологий для упрочнения поверхности металлов и сплавов, синтеза защитных и функциональных покрытий, а также решения ряда специальных задач. Совместно с ИНХ СО РАН и ИХКГ СО РАН получен многочисленный ряд впечатляющих результатов, подтверждающих эффективность применения лазерно-плазменных технологий для решения актуальных задач как в машиностроении и производстве инструмента, так и в электронике и катализе. Реализация перспективной программы развития позволит создать условия для промышленного внедрения конкурентоспособной технологии, основанной на применении более эффективных CO<sub>2</sub> лазеров стоимость которых в 2-3 раза ниже, а производительность в 3-4 раза выше зарубежных аналогов.

Перестраиваемые источники когерентного излучения в среднем ИК и ТГц диапазонах находят все большее практическое применение в газоаналитических приборах для мониторинга промышленных объектов, медицинской диагностики, биологических исследований, специальных применений в интересах силовых структур. Актуальность развития технологий среднего ИК и ТГц диапазонов связана с тем, что в этой области лежат спектры большого числа различных молекул и биологических веществ, которые объединяет способность создания новых веществ. Применение методов лазерной спектроскопии ТГц диапазона позволяет ускорить и расширить проводимые исследования в этой области, обуславливает необходимость разработки новых методов исследований, источников и приемников излучения. Уникальные особенности ТГц излучения открывают перспективы его широкого использования в системах безопасности, связи, медицинской диагностики и терапии, о чем свидетельствуют многочисленные исследования, проводимые в нашей стране и за рубежом. В связи с этим возникает вопрос о зависимости биологических эффектов от физических параметров ТГц излучения и об оценке границ безопасности его применения.

В последние годы медицинские лазеры все шире используются в передовых методиках лечения различных заболеваний. Высокоинтенсивное лазерное излучение находит широкое применение в офтальмологии, стоматологии, терапии и хирургии, позволяя проводить серьезные операции практически бескровно и, главное, сокращают сроки реабилитации. В настоящий момент в промышленно развитых странах Европы, США, Японии и в ряде случаев, в Китае, активно ведутся работы по созданию современного лазерного медицинского оборудования. Основные направления исследований – создание высокоэффективных лазерных установок для косметологии (в том числе удаления новообразований), офтальмологии, стоматологии, хирургии, литотрипсии (удаление камней в почках и мочевом пузыре). Признанными лидерами в этой области являются АМО, Lumenis, Alcon Laboratories Inc. (США), Zeiss, Schwind, Karl Storz, Wavelight Laser Technologie AG (Германия), Nidek Co. Ltd. (Япония). В Российской Федерации медицинскую лазерную технику производят: ЦФП ИОФ РАН (торговая марка «МикроСкан-ЦФП»), ЗАО МедОптоТех, ООО "Лагран, а также компания Melsytech занимается разработкой и производством твердотельных лазеров с диодной накачкой (794, 808, 978, 1060, 1920 нм) и медицинских лазеров на их основе. Современные тенденции развития лазерной медицины направлены на разработку методов воздействия на индивидуальные клетки с целью как управления их функциями, так и дальнейшего воздействия на весь организм в целом. Кроме того, непрерывное совершенствование медицинской техники требует и создания новых, более эффективных лазерных медицинских технологий для замены существующих.

3.5. Основные ожидаемые результаты по итогам реализации научно-исследовательской программы и возможность их практического использования (публикации, патенты, новые технологии)

В краткосрочной перспективе запланированы следующие конкретные результаты:

- 1) На мобильных лазерных системах Nd:YAG/I2 и Yb:YAG/I2 будет достигнут уровень долговременной относительной нестабильности частоты оптических стандартов порядка  $10^{-15}$  за сутки и меньше.
- 2) Будет создано новое поколение оптических стандартов частоты на основе одиночного иона Yb<sup>+</sup> с долговременной нестабильностью на уровне  $10^{-17}$   $10^{-18}$ .
- 3) Теоретически и экспериментально будут разработаны методы сверхглубокого охлаждения атома Магния (температура  $<10^{-5}$  К) в оптической решетке, что позволит создавать Mg-стандарт частоты с долговременной нестабильностью порядка  $10^{-18}$ .
- 4) Будут разработаны и исследованы сверхминиатюрные стандарты частоты на основе резонансов когерентного пленения населенностей (КПН) в атомах рубидия и цезия. Будет развита теория резонансов КПН в ячейках с буферным газом или анти-релаксационным покрытием стенок.
- 5) Будут созданы лабораторные макеты волоконных и кристаллических фемтосекундных синтезаторов с вносимой нестабильностью частоты не более  $10^{-17}$   $10^{-18}$  и с их использованием проведены демонстрационные спектроскопические и метрологические измерения.
- 6) Будут исследованы принципы создания компактного ( $V \sim 1 \text{ м}^3$ ) квантового и атомного гравиметра на основе охлажденных атомов с точностью на уровне (1-2) мкГал. Разработаны требования на систему лазерного охлаждения атомов для реализации интенсивного источника ультрахолодных атомов рубидия с температурой 5 микрокельвин и потоком  $10^6$  ат./с. Разработана селективная система начального состояния атомов с целью уменьшения фундаментального шума компактного квантового гравиметра. Исследованы перспективные методы спектроскопии в разнесенных оптических полях с целью достижения заданной точности (1-2) мкГал. Исследованы возможности создания перспективных схем квантовых гравиметров и акселерометров.
- 7) Определены условия передачи энергии импульсных сгустков плазмы в пакеты Альфвеновских, магнитозвуковых и вистлерных волн в условиях ионосферы и магнитосферы Земли. Планируется показать возможность передачи энергии до 50%.
- 8) Будут получены экспериментальные данные о влиянии желобковой неустойчивости на эффективность взаимодействия облаков лазерной плазмы с вакуумным магнитным полем.
- 9) Будет реализована экспериментальная демонстрация эффективного торможения сверхзвуковых плазменных потоков в условиях слабого дипольного поля для качественного обоснования бесстолкновительных механизмов взаимодействия в условиях экзосферы

Горячих Юпитеров. Расчет глубины поглощения различных элементов экзосферой различных экзопланет на основе глобальной численной 3D МГД модели, сравнение с наблюдениями и интерпретация данных.

10) Будут развиты физические принципы и методы создания фемтосекундных лазерных систем сверхвысокой интенсивности вплоть до ультрарелятивистского уровня со сверхвысоким контрастом и низкой угловой нестабильностью ( $<5-10$  мкрад), основанные на когерентном сложении полей в многоканальной схеме;

11) Будет развита современная элементная база высокоинтенсивных лазерных источников излучения с высокой частотой повторения при накачке импульсами джоульного уровня, формируемыми при криогенном лазерном усилении с диодной накачкой;

12) Будут выявлены особенности взаимодействия высокоинтенсивного фемтосекундного лазерного излучения с материальными средами и развиты методы эффективной генерации высших гармоник и аттосекундных импульсов с высокой средней мощностью при килогерцовой частоте следования импульсов и развиты диагностические методы регистрации их параметров.

13) Будет внедрён ряд лазерно-плазменных технологий: высокопроизводительной модификации поверхности чугунов, сталей, титановых и других сплавов для многократного увеличения износостойкости и ресурса деталей и металлоконструкций; синтеза сверхтвердых сверхпластичных нанокompозитных покрытий; микропорошкового нанесения металлических и высокотвердых металлокерамических покрытий для 3D аддитивных технологий; синтеза наноструктурированных углеродных материалов различных структурных форм.

14) Будут раскрыты механизмы явлений пространственно-периодического взаимодействия света и вещества люминесцентными методами в линейном и высоко-нелинейном режимах; получены результаты экспериментов и теоретических расчетов о люминесцентных свойствах единичных квантовых систем, их ансамблей, а также наночастиц в возбуждающих лазерных полях с различной пространственной структурой; будут созданы новые объемные и многослойные флуоресцентные носители визуальной и цифровой информации на основе кристаллов.

15) Будут выявлены фундаментальные физические механизмы, приводящие к возникновению нелинейной восприимчивости ЖК-материалов на уровне квантового предела и создание на их основе теоретической модели для разработки и проектирования управляемых малогабаритных источников излучения нового типа.

16) Будут созданы макеты эффективных малогабаритных перестраиваемых излучателей ИК и ТГц диапазонов, демонстрирующие новые физические принципы построения комбинированных систем на основе ПГС и ЖК. Демонстрация возможности генерации широкополосного ТГц излучения как при генерации континуума в самом ЖК так и при преобразовании в ЖК континуума, генерируемого в уникальной PPLN структуре из  $\text{KTiPO}_4$  ( $\text{LiNbO}_3$ ).

17) Создание технической и технологической базы для исследований в среднем ИК и ТГц диапазоне, включая малогабаритные перестраиваемые источники излучения, спектрометры и синтезаторы частоты. Разработка макета синтезатора и спектрометра высокого разрешения СВЧ-ТГц диапазона на основе полупроводникового лазера с активной синхронизацией мод.



18) Изучены Механизмы взаимодействия ТГц излучения с клетками человека и животных. Определение границ безопасных доз облучения по результатам воздействия лазерного излучения на биологические объекты при работе с вновь создаваемыми источниками ТГц излучения.

19) Определение оптических свойств склеральной ткани глаза больных открыто-угольной глаукомой на II и III стадиях. Оптимизация технологии сглаживания фиброзной поверхности перикардиальной ткни, основанная на лазерном испарении с поверхности ворсистой части ткани.

В среднесрочной перспективе (до 2024 г.) и после успешной модернизации оборудования, в том числе в рамках проекта развития «Академгородок 2.0» будут получены следующие результаты:

Будет разработан и создан мульти-петаваттный лазерный комплекс на основе уникальной технологии использования многоканальных лазерных систем с когерентным сложением оптических полей излучений отдельных каналов с активной фазово-частотной привязкой всех каналов к единому эталону частоты (оптическим часам). Создание такого комплекса обеспечит достижение рекордных интенсивностей превышающих  $10^{23}$  Вт/см<sup>2</sup> и создаст задел по разработке лазерных источников излучения с интенсивностью, достигающих швингеровского предела,  $10^{30}$  Вт/см<sup>2</sup> (при которой возможна постановка экспериментов по поляризации вакуума, генерации электрон-позитронных пар в вакууме, поиск "новой физики" за рамками стандартной модели частиц с помощью сверхточных лазерных часов, проверка фундаментальных основ квантовой электроники и другие). Создание мульти-петаваттного комплекса, а также многочисленные приложения в фундаментальной физике, глобальных навигационных системах, информационных и телекоммуникационных системах, а также геофизике требуют разработки сверхточных оптических часов, в том числе мобильных и космического базирования. Будут разработаны оптические часы рекордной точности (лучше  $10^{-18}$ ) на основе много-ионных систем и многозарядных ионов, ядерных переходов и др., а также мобильные оптические часы (лучше  $10^{-16}$ ) на базе ультрахолодных атомов и ионов, сверхточные оптические часы до  $10^{-17}$  на борту космических аппаратов, квантовые гравиметры, гироскопы и другие устройства для навигационных и информационно-телекоммуникационных систем, геофизики и других приложений.

Развитие базы экстремальной фотоники позволит создавать новые технологии:

- Сверхточные квантовые инструменты (оптические часы на основе ультрахолодных атомов, многозарядных ионов и ядерных переходов с высочайшей точностью до уровня  $10^{-19}$ – $10^{-20}$ , квантовых гравиметров, гироскопов и других устройств) для навигационных и информационно-телекоммуникационных систем, геофизики и других приложений. Мелкосерийное производство компактных мобильных оптических часов и квантовых сенсоров.
- лазерно-плазменное ускорение заряженных частиц;
- адронная терапия в медицине;
- 4D диагностика сверхбыстрых процессов с субатомным и суб-аттосекундным разрешением в химии, биологии и медицине;
- транспортировка энергии по лазерно-плазменным волноводным каналам в атмосфере;

- методы контроля и дистанционного обнаружения ядерных изотопов по их резонансной флуоресценции;
- мобильные системы дистанционной диагностики материалов, в том числе ядерных и ВВ и их обнаружения, оперативного контроля материалов и конструкций методами гамма фотоники и просвечивания пучками ускоренных протонов;
- лазерные мобильные системы контроля состояния атмосферы и обнаружения в ней биохимических и отравляющих веществ на основе филаментации лазерного излучения в атмосфере;
- лазерные компактные системы для фотодинамической терапии рака на основе аттофотоники;
- компактные источники для ионной и протонной локальной лучевой терапии рака на основе лазерного ускорения заряженных частиц.

Планируется создание экспериментального стенда КИ-10 следующего поколения по моделированию космической плазмы, магнитосферных процессов, солнечно-Земных связей и астрофизических явлений, который, имея вакуумную камеру объемом 70 м<sup>3</sup> и оригинальные технологии создания лазерной плазмы, превзойдет имеющиеся и строящиеся аналоги в США и Китае. Качественное преимущество состоит в возможности впервые реализовать моделирование плазменных процессов в условиях, подобных геомагнитному полю Земли. Новая установка позволит сочетать фундаментальные исследования космической плазмы и разработку технологий для промышленности и аэро-космической отрасли, в частности:

- Проводить НИОКР фундаментальных, поисковых и прикладных исследований по космическим и специальным технологиям;
- Разрабатывать рекомендации по защите спутниковой группировки от угроз искусственного и естественного происхождения;
- Разработать принципиально новые технологии воздействия на ионосферу Земли;
- Перспективные технологии защиты экипажа длительных пилотируемых полетов от воздействия радиационного излучения;
- Технологии плазменных двигателей большой мощности;
- Технологии экономии топлива спускаемых аппаратов;

Создание комплексного центра Лазерно-Плазменных технологий обеспечит реализацию проектов полного цикла, ускорит разработку и внедрение новых эффективных и импортозамещающих технологий, позволяющих многократно повысить ресурс и энергоэффективность изделий в машиностроении, энергетике, ОПК, авиационной и космической техники, в интересах освоения Арктики, и др. областях:

- Высокопроизводительная упрочняющая модификация поверхности чугунов, сталей, титановых сплавов с многократным повышением твердости поверхности (до ~15 ГПа) и 7-10 кратным увеличением производительности по сравнению с традиционной закалкой лазерным лучом;
- Синтез сверхтвердых (20–30 ГПа) сверхпластичных нанокompозитных покрытий на основе карбонитридов кремния (SiCN) на металлах и твердых сплавах для защитных и антифрикционных покрытий, упрочнения режущего и штамповочного инструмента;
- Микropорошковое нанесение (включая послойное) металлических и высокотвердых металлокерамических покрытий для 3D аддитивных технологий объемной наплавки (с 2-3 кратным увеличением производительности по сравнению с обработкой лазерным лучом), а также для многократного увеличения износостойких, антикоррозионных свойств металлоконструкций;
- Синтез наноструктурированных углеродных материалов на металлах для полевых катодов большой (~1 м<sup>2</sup>) площади, устройств вакуумной и твердотельной электроники, включая конденсаторы и аккумуляторы сверхвысокой ёмкости (~ 20 Ф/г);

- Системы стабилизации сверхзвукового горения;
- Системы дистанционного (сотни метров) разрушения аварийных, радиационных, химически и взрывоопасных объектов;
- Производство лазерно-плазменных технологических установок по заказам промышленных предприятий;
- Услуги по обработке деталей;
- Подготовка специалистов для предприятий заказчиков;
- Проектирование и оснащение региональных центров лазерно-плазменных технологий.

### 3.6. Потребители (заказчики) результатов исследований научно-исследовательской программы

Институты СО РАН: ИЯФ, ИОА, ИХКиГ, ИЦиГ, ИГиМ, ИНХ, ИТПМ, ИСЗФ.

ВУЗы: НГУ, НГТУ, СГУВТ, СГУПС.

Инновационные предприятия: Сибирский монокристалл ЭКСМА, Кристаллы Сибири, ОАО «Сибэлектротерм», ФГУП ПО «Север», ООО «Силовая электроника», НПО «ЭЛСИБ», ОАО «БЭМЗ», ФГУП ПО «Новосибирский приборостроительный завод», ООО «Вортэкс», ФГУП «Опытный завод», ООО НПФ «Ирбис».

Институты РАН и центральные отраслевые: ИПФ РАН, ИОФ РАН, ИСАН, ФИАН, ИКИ РАН, ОАО «ВНИИЖТ», ФГУП «ВИАМ».

ВУЗы: ТГУ, ТПУ, НИЯУ МИФИ.

Госкорпорации:

Росстандарт (ВНИИФТРИ, РИРВ, СНИИМ),

Роскосмос (ЦНИИМАШ, ИСС им. Решетнева),

Росатом (ВНИИЭФ, ВНИИТФ, ВНИИА им. Духова),

НПО им. Лавочкина

Инновационные предприятия: ОАО «РЖД», ОАО "ЦНИИТОЧМАШ", ООО "Оптогард-Нанотех" Сколково, ИРЭ-Полюс (Фрязино), Время-Ч (Нижний Новгород), Морион (Санкт-Петербург), Объединенная металлургическая корпорация, Выксунский металлургический завод, организации Минпромторга и Минобороны.

## РАЗДЕЛ 4. РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ОРГАНИЗАЦИИ

Институт входит в число инициаторов создания и основателей физико-технического факультета НГТУ, кафедры квантовой электроники физического факультета НГУ, активно проводит совместные исследования и обмен специалистами с ведущими научно-образовательными организациями столицы и регионов России: МГУ, МГТУ им. Баумана, МИФИ (г. Москва), УрФУ (г. Екатеринбург), ТГУ, ТПУ (г. Томск), ВлГУ (г. Владимир).

- Базовые кафедры ИЛФ СО РАН: «Кафедра проблем квантовой физики» МФТИ, «Квантовая электроника» НГУ и «Лазерные системы» НГТУ. ИЛФ СО РАН является ведущей организацией данных кафедр. Обучение по специальным предметам осуществляют ведущие ученые института на площадях института и университетов. Примерный выпуск 25 бакалавров и 10 магистров в год.
- Институт имеет научно-образовательный центр по лазерной физике, и Аспирантуру по специальностям 01.04.21 - лазерная физика. В планах дополнение аспирантуры специальностью 01.04.05 – оптика. На 2019 г. получена бюджетная контрольная цифра приема на 14 аспирантов, осуществляется целевой прием в аспирантуру.
- В ИЛФ СО РАН действует ведущая научная школа РФ "Лазерная спектроскопия и ее фундаментальные приложения" (руководитель академик С.Н. Багаев).
- Один из источников инженерных и рабочих кадров – Бердский электромеханический колледж и Высший колледж информатики НГУ.

На развитие кадрового потенциала направлены следующие мероприятия:

- совершенствование деятельности базовых кафедр (квантовой электроники НГУ, лазерных систем НГТУ) за счет модернизации существующих и разработки новых учебных курсов;
- создание совместного с НГУ и НГТУ учебно-научного центра «Квантовые оптические технологии» и, входящих в его состав, совместных учебно-научных молодежных лабораторий и лабораторного практикума в области оптики, фотоники, лазерной физики и их фундаментальных приложений;
- стимулирование научных работников к занятию преподавательской деятельностью, а также издания ими учебных пособий и учебников;
- внедрение перспективных программ аспирантуры, обеспечивающих высокий уровень научно-образовательной подготовки, полную занятость аспирантов учебной и научной работой, а также привлечение к руководству аспирантами ведущих научных работников;
- развитие системы регулярных всероссийских и международных конференций и школ, в том числе для молодых ученых, активного участия в ведущих международных конференциях в России и за рубежом по актуальным проблемам в области лазерной физики, фотоники и их фундаментальных приложений;
- развитие сотрудничества, в том числе международного, в области науки и образования на основе соглашений о таком сотрудничестве с ведущими Российскими зарубежными институтами и университетами, а также привлечение ведущих ученых в области оптики, фотоники и лазерной физики для проведения семинаров и чтения публичных лекций.

## РАЗДЕЛ 5. РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОРГАНИЗАЦИИ

5.1. Краткий анализ соответствия имеющейся научно-исследовательской инфраструктуры организации научно-исследовательской программе

За последние 5 лет создано и укомплектовано новым дорогостоящим оборудованием 3 лаборатории стоимостью более 300 млн. руб. С 2012г. ИЛФ СО РАН выполняет НИР и ОКР по оптическим мобильным часам в рамках Федеральной целевой программы ГЛОНАСС объемом 100-300 млн. руб. в год. ИЛФ СО РАН имеет большой опыт проведения совместных исследований с другими организациями. С 2004 года в ИЛФ СО РАН функционирует центр коллективного пользования «Фемтосекундный лазерный комплекс». В настоящее время стоимость оборудования ЦКП превышает 360 млн. руб. Сотрудниками центра выполняются фундаментальные и прикладные исследования в области физики, химии, биологии и медицины с использованием мощных лазерных импульсов с высоким временным и частотным разрешением в интересах институтов СО РАН, РАН, вузов, других организаций. В 2017 году выполнены работы и указаны услуги на сумму 11.6 млн. руб. При этом фактическая загрузка оборудования ЦКП в интересах третьих лиц составила 96.4%.

В ИЛФ СО РАН внедрена и поддерживается в актуальном состоянии система менеджмента качества в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» и ГОСТ РВ 0015-002-2012 «Система разработки и постановки продукции на производство военной техники. Системы менеджмента качества. Общие требования». Соответствие требованиям подтверждено сертификатом органом по сертификации систем менеджмента качества АО «РНИИ «Электронстандарт» № ВР 17.1.12040-2018.

В ИЛФ СО РАН создана и действует уникальная научная установка "Фемтосекундные оптические часы". В 1981 г. созданы первые в мире оптические часы, которые позволяют проводить абсолютные частотные измерения от оптического до радиодиапазона с относительной погрешностью менее  $10^{-16}$ . Созданы единственные в России лазерные комплексы для спектроскопии атомов магния захваченных в магнитооптическую ловушку и одиночного иона Yb<sup>+</sup> в радиочастотной ловушке, на которых ведутся исследования по созданию лазерных стандартов частоты и времени с рекордной стабильностью ( $10^{-17}$ – $10^{-18}$ ) на ультрахолодных ( $T \leq 10^{-5} \div 10^{-6}$  К) атомах Mg и одиночном ионе Yb<sup>+</sup> с целью повышению точности и стабильности частоты фемтосекундных оптических часов. Впервые в России создан уникальный фемтосекундный мобильный волоконный синтезатор частот, предназначенный для переноса стабильности и точности оптического стандарта частоты в радиодиапазон, с частотной нестабильностью  $10^{-18}$ – $10^{-19}$  за времена усреднения более 100 секунд, что соответствует лучшим зарубежным образцам. Созданный синтезатор послужит прототипом для бортовых оптических часов космических аппаратов нового поколения, обеспечивая повышение точности навигационной системы "ГЛОНАСС" на несколько порядков.

В ИЛФ СО РАН разработана и создана уникальная двухканальная мультитераваттная фемтосекундная лазерная система на основе параметрических каскадов усиления с когерентным сложением полей. Развита экспериментальная база для проведения исследований по распространению мультитераваттного излучения в металлических волноводах, по лазерно-плазменному ускорению электронов и генерации рентгеновского и гамма излучений.

Лаборатория и уникальный стенд «Космические Исследования-1» (КИ-1) были созданы в 1970-х годах для изучения космической плазмы методами лабораторного эксперимента и численного моделирования. Установка состоит из вакуумной камеры объемом 6 м<sup>3</sup>, мощным СО2 лазером с энергией до 400 Дж в импульсе 100 нс и индукционной плазменной пушкой для создания

потоков плазмы. В 70-е и 80-е годы была отработана техника модельных экспериментов и получен ряд уникальных и приоритетных результатов, связанных с взрывными процессами в околоземной и космической плазме. В дальнейшем были проведены фундаментальные исследования по динамике Лазерной Плазмы, эффективности взаимодействия взрывной плазмы с магнитным полем, желобковой неустойчивости ее границы, эффективности передачи энергии от взрывной плазмы для проблем Лазерного Термоядерного Синтеза (ЛТС) и перспективных ракетных двигателей на основе ЛТС с «магнитным соплом». Физическое соответствие лабораторного моделирования изучаемым космическим явлениям обосновывается методами критериев подобия и безразмерного анализа. В начале 90-х была сформулирована задача об обтекании магнитного диполя лазерной плазмой для моделирования экстремальных состояний магнитосферы Земли при воздействии мощных потоков плазмы, проведен анализ проблемы и сформулированы основные критерии подобия. Была разработана серия компактных сильноточных диполей с моментами в диапазоне  $0,1-10 \text{ МГс} \cdot \text{см}^3$  и размерами от  $R=3$  до  $R=10$  см. Проводились эксперименты по стационарному обтеканию источником плазмы типа тета-пинча и моделированию внутри-магнитосферных взрывов. Одной из основных тем исследований является моделирование сверх-сжатия магнитосферы Земли под воздействием корональных выбросов от мощных Солнечных вспышек. В последние годы на стенде КИ-1 впервые были реализованы условия по требуемой геометрии разлета и энергетике сгустков и достигнута генерация перпендикулярных и квази-перпендикулярных ударных волн, в т.ч. за счет уникально больших размеров камеры и потока фоновой плазмы на стенде КИ-1.

На протяжении многих лет ведется разработка и внедрение  $\text{CO}_2$  лазеров мощностью от 1,5 до 8 кВт и технологических комплексов на их основе. В конце 80-х годов на «НПО Сибэлектротерм» были изготовлены и внедрены 25 лазеров ЛНО-1.2 мощностью 1,5 кВт. По заказу администрации Новосибирской области в ИЛФ СО РАН изготовлен 3 кВт лазерный технологический комплекс многоцелевого назначения ЛТК-МНЗ для резки, сварки, термоупрочнения. Создана уникальная установка с рекордными параметрами пульсирующей лазерной плазмы, разработан ряд эффективных лазерно-плазменных методов и технологий для упрочнения поверхности металлов и сплавов, синтеза защитных и функциональных покрытий, а также решения ряда специальных задач:

- Высокопроизводительная технология модификации поверхности образцов из гильз цилиндров двигателей КАМАЗ приводит к 4-5 кратному увеличению твёрдости и 10-20 кратному уменьшению скорости изнашивания, при этом коэффициент трения уменьшается в два раза;
- Технологии упрочнения в 3-4 раза поверхности конструкционных и инструментальных сталей (более 20 марок);
- Модификация поверхности титановых сплавов с увеличением микротвёрдости в 7-10 раз;
- Технологии нанесения на поверхности сталей антикоррозионных высокотвёрдых ( $\sim 10$  ГПа) покрытий из самофлюсующихся NiCrBSi порошков на никелевой основе, а также металлокерамических высокотвердых ( $\sim 20$  ГПа) ударопрочных покрытий для металлопрокатного, режущего и штамповочного инструмента, аддитивных технологий;
- Синтез сверхтвёрдых (20 – 30 ГПа) нанокompозитных покрытий на основе карбонитридов кремния на металлах и твёрдых сплавах для защитных и антифрикционных покрытий, режущего и штамповочного инструмента. Синтез покрытий на твёрдосплавные резцы для увеличения ресурса резцов в 2,5-3 раза;
- Синтез наночастиц оксида титана, углерода, карбонитридов кремния, а также наноаэрозолей  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с производительностью до 430 г/час\*кВт с лазерным КПД на уровне 30-40%.

- Синтез массивов ориентированных многослойных углеродных нанотрубок длиной  $\sim 10$ - $20$  мкм и диаметром  $\sim 70$  нм, на меди (скорость обработки  $\sim 20$  см<sup>2</sup>/мин. на кВт лазерной мощности) для конденсаторов и аккумуляторов сверхвысокой ёмкости (20-50 Ф на грамм покрытия) для авто, авиа, космической и специальной техники.
- Создан 5 кВт опытно-промышленный образец установки лазерно-плазменного нанесения сверхтвёрдых покрытий и модификации поверхности металлов и сплавов при финансовой поддержке гранта Фонда «Сколково».

5.2. Основные направления и механизмы развития научно-исследовательской инфраструктуры организации (включая центры коллективного пользования и уникальные научные установки):

- Создание новой лаборатории квантовых сенсоров.
- Создание отдельного Центра экстремальной фотоники с чистыми помещениями.
- Создание нового стенда космического моделирования КИ-10.
- Создание комплексного центра лазерно-плазменных технологий для НИОКР и сертификации технологий и необходимыми площадями для сборки лазерных технологических комплексов.
- Расширение и модернизация опытного и оптического производства для поддержки исследований.

Реализация этих планов развития научно-исследовательской инфраструктуры организации будет основана на программе модернизации оборудования институтов РАН, программе комплексного развития Акадегородок 2.0, программе Минобрнауки России по созданию новых перспективных лабораторий в институтах РАН, привлечения инвестиций заинтересованных предприятий, средств НИР, НИОКР и проектов выполняемых в рамках федеральных целевых программ и федеральных агентств Росстандарта, Роскосмоса, Росатома, Ростеха, ОАО РЖД, НПО им. Лавочкина, ОАО "ЦНИИТОЧМАШ", ФПИ, РНФ, РФФИ, Фонда «Сколково».

## РАЗДЕЛ 6. РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ НАУЧНОЙ КОММУНИКАЦИИ И ПОПУЛЯРИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для выполнения задач, стоящих перед исследовательской программой ИЛФ СО РАН, необходимо активное целевое участие в международных проектах, что позволит осваивать новые технологии и использовать уникальное оборудование ИЛФ СО РАН для выполнения собственных научных задач, а также принимать участие в исследовании значимых актуальных проблем лазерной физики в составе международных коллективов.

Институт широко интегрирован в международную научную деятельность. Институт и его сотрудники являются организаторами таких авторитетных в международном сообществе конференций, как MPLP, ICONO/LAT, Российско-Китайского, Российско-Французского, Российско-Германского, Российско-Итальянского международных симпозиумов по лазерам и их применениям и др. В

Институте создан и действует Российско-Китайский центр по фотонике. Сотрудники ИЛФ СО РАН участвуют на регулярной основе в составе экспертных комиссий РФФИ, федеральных и региональных органов государственной власти и государственных корпораций, международных научных организациях IUPAP, IQEC, OSA, EPS, ICO. В ИЛФ СО РАН более 25 лет действует признанная научная школа Российской Федерации «Лазерная спектроскопия сверхвысокого разрешения и ее применения». ИЛФ СО РАН имеет базовые кафедры в НГУ и НГТУ, кафедру Проблем квантовой физики при МФТИ, научно-образовательный центр по лазерной физике (НОЦ ЛФ ИЛФ СО РАН), 2 научно-образовательных центра совместно с НГУ и НГТУ, Центр коллективного пользования, диссертационный совет. Учитывая перспективность, высокую научную и практическую значимость основных направлений исследований ИЛФ СО РАН, по которым он занимает лидирующие позиции в мире и Российской Федерации, Институт регулярно формирует план мероприятий по повышению эффективности деятельности в части оказания государственных услуг (выполнения работ) на основе целевых показателей деятельности учреждения, совершенствования системы оплаты труда, включая мероприятия по повышению оплаты труда соответствующих категорий работников и оптимизационные меры.

ИЛФ СО РАН ведет активное взаимодействие с мировыми научными центрами. В настоящий момент имеются следующие договоры о сотрудничестве в областях непосредственно по направлениям программы:

Китай: Уханьский институт физики и математики КАН, Ухань

Япония: Институт лазерной науки, Университет электрокоммуникаций, Токио

Франция: Институт электроники, механики, термодинамики и технологий области, Безансон

Великобритания: Астонский Институт Технологий Фотоники, Астон Триэнгл, Бирмингем

Франция: Лаборатория Физики Лазеров, Институт Галилея, Северо-Парижский университет

Германия: Физико-технический федеральный Институт, Брауншвейг

Германия: Институт экспериментальной физики Генриха Гейне университета г. Дюссельдорф

Китай: Институт полупроводников Китайской академии наук

Китай: Китайско-российский технопарк г. Чанчунь

Институт Космических Исследований Австрийской Академии Наук, г. Грац.

Национальная академия наук республики Беларусь, Институт физики

Национальная академия наук республики Армения, ГНКО Институт физических исследований

В рамках Программы развития планируется поддерживать и расширять список сотрудничества. Важным и традиционным направлением деятельности ИЛФ СО РАН является организация международных конференций и семинаров, а также школ для максимально широкого привлечения молодых ученых, аспирантов и студентов. С 1995 года проводится Международный Симпозиум «Современные проблемы лазерной физики» (MPLP). Симпозиум MPLP является престижным научным форумом в области оптики и лазерной физики, включая лазерную спектроскопию сверхвысокого разрешения и фундаментальную метрологию, генерацию фемтосекундных импульсов и физику сверхсильных лазерных полей, физику ультрахолодных атомов и ионов, квантовую оптику и квантовую информатику, нанофотонику, применение лазеров в биологии, медицине и других областях. В рамках MPLP традиционно проводится Международная школа по лазерной физике и фотонике для молодых ученых, что позволяет молодым ученым



одновременно познакомиться с работами ведущих ученых, представленных на Симпозиуме. Чрезвычайно важно, что симпозиумы MPLP и Международная школа организуются в центре Сибирского региона, несмотря на его отдаленность от наиболее известных международных центров, развивающих лазерную науку и ее приложения. На Симпозиуме и Школе собираются как крупные ученые с мировой известностью, так и молодые ученые, а также аспиранты и студенты из различных научных организаций и университетов России и мира. Регулярно (раз в два года) Иркутским филиалом ИЛФ СО РАН проводится Международная молодежная конференция по люминесценции и лазерной физике.

ИЛФ СО РАН принимает участие в организации и проведении главной Международной конференции России по нелинейной оптике и лазерной физике – ICONO/LAT. Также ИЛФ СО РАН принимает участие в организации проведения Международных Симпозиумов: Российско-Китайский лазерный Симпозиум; Российско-Немецкий лазерный Симпозиум; Российско-Немецко-Французский лазерный Симпозиум. Результаты исследований и разработок ИЛФ СО РАН представлялись на многих десятках международных и всероссийских конгрессах и выставках (США, Франция, Германия, Китай, Беларусь ...), а также в Москве, Санкт-Петербурге, Казани. ИЛФ СО РАН постоянный участник Международных форумов технологического развития «Технопром» в Новосибирске.

ИЛФ СО РАН активно участвует в популяризации науки среди школьников. Совет научной молодежи Института регулярно проводит дни открытых дверей, экскурсии, лекции.

## РАЗДЕЛ 7. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ

Эффективно работает и постоянно совершенствуется система рейтинговых надбавок сотрудникам, направленная на увеличение публикаций в ведущих журналах, патентов, участия в конференциях, преподавательской деятельности. Проводятся мероприятия по поэтапной аттестации работников с дальнейшим их переводом на эффективный контракт. Совершенствуются основные элементы системы оплаты труда на основе: учета сложности труда работников, компенсационных выплат, стимулирующих выплат. Действует Совет научной молодежи. Ежегодный бюджет Совета постоянно увеличивается за счет доходов Института с целью поощрения научной активности среди студентов, аспирантов и молодых ученых. Внедрен и совершенствуется электронный документооборот. Регулярно обновляется состав Ученого совета. Регулярно обновляются следующие положения, действующие по Институту: Антикоррупционная политика, Стандарт антикоррупционного поведения работников, Кодекс этики и служебного поведения работников, Положение об урегулировании конфликта интересов. На повышение квалификации ежегодно направляется до 5% основного персонала учреждения; В ИЛФ СО РАН внедрена и поддерживается в актуальном состоянии система менеджмента качества в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» и ГОСТ РВ 0015-002-2012 «Система разработки и постановки продукции на производство военной техники. Системы менеджмента качества. Общие требования». Соответствие требованиям

подтверждено сертификатом органом по сертификации систем менеджмента качества АО «РНИИ «Электронстандарт» № ВР 17.1.12040-2018. Для контроля и увеличения качества продукции создан отдел обеспечения качества продукции.

Для координации образовательного процесса и подготовки научных и высокотехнологичных инженерных кадров создан и развивается Учебно методический отдел. Отдел курирует деятельность аспирантуры по направлению 01.04.21 Лазерная физика и двух специализированных кафедр: Кафедра квантовой электроники Новосибирского государственного университета и Кафедра лазерных систем Новосибирского государственного технического университета. План набора 2019 г. в аспирантуру составляет 14 бюджетных мест. Количество студентов на кафедрах превышает 30 человек, ежегодный выпуск примерно 10 магистрантов. Все студенты и аспиранты трудоустроены в институте, что позволяет привлекать их к выполнению внебюджетных НИР и проектов. Таким образом, образовательная инфраструктура ИЛФ СО РАН способна обеспечить необходимыми молодыми кадрами программу модернизации оборудования и ускоренного развития научной инфраструктуры и исследований.

## РАЗДЕЛ 8. СВЕДЕНИЯ О РОЛИ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В ВЫПОЛНЕНИИ МЕРОПРИЯТИЙ И ДОСТИЖЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗНАЧЕНИЙ ЦЕЛЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «НАУКА» И ВХОДЯЩИХ В ЕГО СОСТАВ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

В рамках Программы развития Институт будет непосредственно решать следующие конкретные задачи национального проекта Наука:

### **Федеральный проект «Развитие научной и научно-производственной кооперации»:**

- 1.4 Подготовка кадров по приоритетам НТР – выпуск не менее 10 магистрантов и 5 аспирантов в год.
- 1.8 Внедрение разработанных технологий в реальный сектор экономики – поставки лазерных технологических комплексов промышленным предприятиям.
- 1.9 Интеграция исследований ИЛФ СО РАН в единую сеть НОЦ и НТИ для достижения целей национальных проектов и решения задач СНТР.
- 2.7 Включение ИЛФ СО РАН в единую цифровую платформу научно-технического взаимодействия.
- 2.13 Увеличение количества российских и зарубежных ученых работающих научных центрах мирового уровня.

### **Федеральный проект «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации»:**

- Решение задач 1.1-1.3 в качестве организации из списка ведущих организаций.
- 1.4 Введение в эксплуатацию цифровой системы управления сервисами инфраструктуры коллективного пользования – совершенствование информационной платформы на базе интернет сайта института.
- 1.5 Увеличение количества статей по профилю деятельности «генерация знаний» в соответствии с планом нацпроекта Наука.

- 1.6 Увеличение доли внешних заказов ЦКП в соответствии с планом нацпроекта Наука.
- 1.7 Увеличение доли внебюджетных средств в соответствии с планом нацпроекта Наука.
- 2.0 Создание установок класса мегасайенс – стенд КИ-10 для моделирования космической плазмы, мульти-петаваттный лазерный комплекс на основе многоканального когерентного сложения оптических полей (в рамках комплексного плана развития СО РАН "Академгородок 2.0").
- 2.18 Увеличение количества статей первой и второй квартили по результатам исследований, полученных с использованием передовой инфраструктуры.
- 2.19 Увеличение количества патентов в РФ и за рубежом.
- 2.20 Увеличение объема внебюджетных средств за счет передовой инфраструктуры.

**Федеральный проект «Развитие кадрового потенциала в сфере исследований и разработок»:**

- Развитие Учебно-методического отдела ИЛФ СО РАН и базовых кафедр Института в НГУ, НГТУ и МФТИ с целью совершенствования целостной системы подготовки молодых ученых от студентов-бакалавров до аспирантов и молодых кандидатов физико-математических наук.
- Создание новой лаборатории квантовых сенсоров со штатом 20 сотрудников с преимущественным участием молодых ученых.
- Доведение количества обучающихся в ИЛФ СО РАН аспирантов, принимающих активное участие в выполнении внебюджетных проектов, до 100%.
- Доведение количества научных грантов, выполняемых молодыми исследователями, до 50% от общего числа грантов в Институте.
- Участие в программах обучения в центрах развития компетенций.
- Увеличение количества лиц, включенных в кадровый резерв до 3 человек.
- Увеличение доли аспирантов, представляющих диссертацию при выпуске из аспирантуры в 2 раза за 5 лет.
- Доведение количества кандидатских диссертаций сотрудников Института с не менее чем 2 публикации в базе WoS до 100%.
- Стимулирование внутрироссийской академической мобильности – не менее 1 молодого исследователя в год.
- Увеличение доли молодых (до 39 лет ) исследователей в общей численности до 50%.
- Доведение количества защитившихся аспирантов, выбравших карьеру исследователя или преподавателя до 100%.

**РАЗДЕЛ 9.ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ**

№	Показатель	Единица измерения	Отчетный период <u>2018 год</u>	Значение		
				<u>2019 год</u>	<u>2020 год</u>	<u>2021год</u>
1.	Общий объем финансового обеспечения Программы	тыс. руб.	311 035,2	386 104,0	434 235,4	470 361,1

	развития <sup>1</sup>					
	Из них:					
1.1.	субсидии на финансовое обеспечение выполнения государственного задания из федерального бюджета	тыс. руб.	131 728,2	151 719,9	156 720,1	166 781,1
1.2.	субсидии на финансовое обеспечение выполнения государственного задания из бюджета Федерального фонда обязательного медицинского страхования	тыс. руб.	-	-	-	-
1.3.	субсидии, предоставляемые в соответствии с абзацем вторым пункта 1 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации	тыс. руб.	4 267,2	58 635,4	60 358,3	60 617,8
1.4.	субсидии на осуществление капитальных вложений	тыс. руб.	-	-	-	-
1.5.	средства обязательного медицинского страхования	тыс. руб.	-	-	-	-
1.6.	поступления от оказания услуг (выполнения работ) на платной основе и от иной приносящей доход деятельности	тыс. руб.	175 039,83	175 748,68	217 157,0	242 962,17
1.6.1.	В том числе, гранты	тыс.руб.	25 310,0	12 200,0	10 000,0	10 000,0

<sup>1</sup> Указывается в соответствии с планом финансово-хозяйственной деятельности организации

Финансовое обеспечение Программы развития планируется за счет средств субсидии на выполнение госзадания по проведению научно-исследовательских работ и подготовке научных кадров (аспирантов), за счет субсидий на иные цели (приобретение оборудования, капитальный ремонт, стипендии аспирантам) и поступлений от оказания услуг (выполнения работ) на платной основе и от иной приносящей доход деятельности (соглашения, контракты, гранты). Прогнозные целевые показатели будут корректироваться с учетом проведенных конкурсов и заключенных соглашений.

Значения целевых финансовых показателей рассчитаны учитывая достигнутый Институтом уровень выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Институтом планируется стабильный рост объема внебюджетных средств в общем объеме финансирования с учетом показателей, предусмотренных нацпроектом «Наука», т.е. не менее чем в 1,6 раза по сравнению с 2017 г. Целевой показатель «Процент привлечения внебюджетных средств к проведению научно-исследовательских работ» к 2023 г. планируется увеличить на 11 % по сравнению с 2017 г. Снижение процента привлечения внебюджетных средств в 2019-2021 гг., при росте абсолютных значений, связано с увеличением доли бюджета, выделяемого на приобретение оборудования.

Следует отметить, что рост объема внебюджетных средств происходит в том числе работ под руководством молодых ученых в возрасте до 39 лет.

В целевых показателях реализации Программы развития представлена также информация об общей балансовой стоимости научного оборудования по прошедшим, а также планируемым годам; балансовая стоимость научного оборудования в возрасте до 5 лет; доля отечественного научного оборудования, рассчитанная как отношение балансовой стоимости приборной базы отечественного производства к балансовой стоимости приборной базы в текущем году; балансовая стоимость выбывших единиц научного оборудования. Прогнозные целевые показатели по этим разделам учитывают доведенные плановые лимиты на приобретение оборудования в 2019-2021 годах.

Дополнительные целевые показатели реализации Программы развития запланированы в рамках задачи обновления приборной базы, выполняющих научные исследования и разработки и включают следующие показатели:

- объем внутренних затрат на исследования и разработки за счет всех источников в текущих ценах;
- планируемый процент обновления приборной базы для научных исследований и разработок за счет средств гранта в форме субсидии;
- объем расходов на эксплуатацию обновляемой приборной базы.

Планируемый объем расходов на эксплуатацию обновляемого научного оборудования включает плановые расходы на: содержание «чистых комнат», ремонт научного оборудования, метрологическое обеспечение научного оборудования, расходные материалы и комплектующие, оплату услуг сервисных центров по обслуживанию научного оборудования; заработную плату научных сотрудников, обеспечивающих эксплуатацию научного оборудования.

Директор Института  
чл.-к. РАН  
13 мая 2019г.



А.В. Тайченачев