

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук



Утверждено  
Директор ИОФ РАН,  
член-корреспондент РАН

/Гарнов С.В.

*18 декабря 2019 г.*

Программа развития  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук  
на 2019-2023 годы

г. Москва

2019

## ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук  
на 2019-2023 годы

### РАЗДЕЛ 1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1	Информация о научной организации	
1.1.	Полное наименование	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук
1.2.	Сокращенное наименование	ИОФ РАН
1.3.	Фактический (почтовый) адрес	119991 ГСП-1, г. Москва, ул. Вавилова, д. 38
2.	Существующие научно-организационные особенности организации	
2.1.	Профиль организации	<p>1. «Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний и характеризуется высоким уровнем публикационной активности в отечественных и в ведущих мировых изданиях. При этом, исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают значительную часть в деятельности организации, что отражается в показателях по созданию РИД и объемах доходов от иной приносящей доход деятельности.</p>
2.2.	Категория организации	1
2.3.	Основные научные направления деятельности	<p><b>03. Общая физика</b>  <b>Направления фундаментальных исследований (раздел II Физические науки Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013 - 2020 годы)</b>  <b>8. Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости</b>  <b>9. Физическое материаловедение: новые материалы и структуры, в том числе фуллерены, нанотрубки, графены, другие наноматериалы, а также</b></p>

		<p>метаматериалы</p> <p><b>10.</b> Актуальные проблемы оптики и лазерной физики, в том числе достижение предельных концентраций мощности и энергии во времени, пространстве и спектральном диапазоне, освоение новых диапазонов спектра, спектроскопия сверхвысокого разрешения и стандарты частоты, прецизионные оптические измерения, проблемы квантовой и атомной оптики, взаимодействие излучения с веществом</p> <p><b>11.</b> Фундаментальные основы лазерных технологий, включая обработку и модификацию материалов, оптическую информатику, связь, навигацию и медицину</p> <p><b>12.</b> Современные проблемы радиофизики и акустики, в том числе фундаментальные основы радиофизических и акустических методов связи, локации и диагностики, изучение нелинейных волновых явлений</p> <p><b>13.</b> Фундаментальные проблемы физической электроники, в том числе разработка методов генерации, приема и преобразования электромагнитных волн с помощью твердотельных и вакуумных устройств, акустоэлектроника, релятивистская СВЧ-электроника больших мощностей, физика мощных пучков заряженных частиц</p> <p><b>14.</b> Современные проблемы физики плазмы, включая физику высокотемпературной плазмы и управляемого термоядерного синтеза, физику астрофизической плазмы, физику низкотемпературной плазмы и основы ее применения в технологических процессах</p>
--	--	--

## **РАЗДЕЛ 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ**

### **2.1. Цель Программы развития**

Целью программы развития ИОФ РАН является создание и совершенствование инфраструктуры для оперативного реагирования на новые вызовы и тренды в мировой науке и экономике и опережающего развития перспективных научных направлений с опорой на текущие достижения института. Программа развития ИОФ РАН, как научной организации «генератора знаний», призвана обеспечить:

- проведение фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ в актуальных областях физики на мировом уровне и на уровне, опережающем мировой;
- получение прорывных научных результатов по приоритетным направлениям развития науки и техники Российской Федерации;
- развитие кадрового потенциала российской науки с целью формирования современной научной среды, обеспечивающей лидерство в глобальной конкуренции по основным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований.

Важной составляющей программы развития ИОФ РАН является последовательная реализация традиции «школы академика А.М.Прохорова» по доведению результатов фундаментальных исследований и их «побочных результатов» (технологических и конструкторских решений) до практического применения в реальных приборах и технологиях.

Цель программы развития сформулирована исходя из стратегических целей развития научной организации, с учетом специфики и областей проводимых научных исследований, национальных целей и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года (Указ Президента Российской Федерации от 07 мая 2018 г. №204), Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642) и иных нормативно-правовых актов Российской Федерации.

### **2.2. Задачи Программы развития**

Программа развития ставит своими главными задачами:

- создание условий для выполнения на мировом уровне полного цикла фундаментальных и прикладных исследований в области лазерной физики, физики конденсированного состояния, спектроскопии, физики плазмы, физики поверхности, физики низкоразмерных систем и наноматериалов, акустики, фотоники, биомедицинской физики;
- развитие интеллектуального кадрового потенциала и создание современной инфраструктуры научных исследований, разработку научного и технологического оборудования для выполнения перспективных фундаментальных и научно-исследовательских работ;
- совершенствование системы управления для оптимизации работ по выполнению государственного задания и обеспечения конкурентоспособности проводимых исследований на мировом уровне.

Задачи научно-исследовательской программы формируются с учетом условий соответствия целям программы развития, в том числе для развития интеллектуальных ресурсов и научной инфраструктуры, внесения вклада в реализацию Указа Президента Российской Федерации «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» от 07 мая 2018 г. №204, Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от

1 декабря 2016 г. № 642. Результатами реализации программы развития и решения ее задач должно стать в том числе: создание условий для проведения исследований и разработок, соответствующих современным принципам организации научной, научно-технической, инновационной деятельности и лучшим российским и мировым практикам, формирование эффективной системы управления, повышение результативности и востребованности результатов исследований и разработок.

## **РАЗДЕЛ 3. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОГРАММА**

### **«ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В АКТУАЛЬНЫХ ОБЛАСТЯХ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ»**

#### **3.1. Ключевые слова**

Лазерная физика, физика конденсированного состояния, физика плазмы, биомедицинская физика, ультракороткие импульсы, терагерцовое излучение, лазерное микро- и наноструктурирование, функциональные наноматериалы, нанодиагностика, сильно коррелированные электронные системы, сканирующая зондовая микроскопия, кубит, квантовая криптография, высокотемпературная плазма, плазменные технологии, плазменная радиофизика, синтез алмаза, наноалмаз, графен, углеродные нанотрубки, гетероструктуры кремний-германий, квантовые точки, волоконные усилители, квантроны, флуоресцентная диагностика.

#### **3.2. Аннотация научно-исследовательской программы**

Цель и миссия научно-исследовательской программы ИОФ РАН состоит в проведении фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ мирового уровня в актуальных областях физики и получении прорывных научных результатов, обеспечивающих лидерство в глобальной конкуренции по основным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований.

Задача научно-исследовательской программы состоит в реализации на мировом уровне полного цикла фундаментальных и прикладных исследований в области лазерной физики, физики конденсированного состояния, спектроскопии, физики плазмы, физики поверхности, физики низкоразмерных систем и наноматериалов, акустики, фотоники, биомедицинской физики с ускоренным внедрением полученных результатов.

Приоритетные направления научно-исследовательской программы ИОФ РАН формируются в соответствии со стратегией СНТР (указ Президента РФ N 642 (п.20а-ж)), согласно которой в ближайшие 10 - 15 лет приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации следует считать те направления, которые позволят получить научные и научно-технические результаты и создать технологии, являющиеся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке. Для реализации указанных стратегических задач, начиная с 2019 года, будет осуществлен переход к работе по 14 укрупненным научным темам:

- Совершенствование лазерных систем;
- Лазерные микро- и нанотехнологии;
- Физические методы в медицине и биологии;
- Физические методы в сельском хозяйстве и экологии;
- Низкоразмерные квантовые системы;
- Физика высокотемпературной плазмы. Фундаментальные проблемы динамики, удержания и нагрева плазмы в трехмерных магнитных конфигурациях;
- Сильно коррелированные электронные системы и квантовые наноструктурированные материалы;
- Акустика мелкого моря, нелинейная акустическая диагностика, нелинейная динамика волн;

- Электронно-оптические методы регистрации быстропротекающих процессов с пико- и субпикосекундным временным разрешением;
- Фотоника и электроника новых углеродных материалов;
- Фундаментальные основы плазменных и микроволновых технологий;
- Физика волновых пакетов и физические основы квантовой информатики;
- Применение лазеров в физических экспериментах;
- Квантовые материалы и технологии для фотоники.

Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН является признанным научным лидером по описанным выше направлениям исследований в Российской Федерации. Работы ученых ИОФ РАН хорошо известны в нашей стране и за рубежом и пользуются заслуженным авторитетом у российских и зарубежных коллег. Высокий научный уровень исследователей подкрепляется серьезным научно-технологическим заделом и хорошим уровнем приборного и аппаратурного обеспечения. Научно-исследовательская программа «Перспективные исследования в актуальных областях современной физики» разработана таким образом, чтобы, во-первых, максимально использовать научный потенциал и компетенции ИОФ РАН и, во-вторых, организовать исследования по актуальным направлениям отвечающим современным тенденциям развития мировой науки. Такой подход позволяет прогнозировать не только соответствие работ мировому уровню, но и в ряде случаев достичь ситуации, когда реализация программы позволит занять лидирующие позиции в мире в рамках развиваемых тематик исследований. Состав направлений строится с учетом возможностей изменения текущей траектории формирования и распространения научных знаний для получения значимых преимуществ Российской Федерации в среднесрочной (5-7 лет) и долгосрочной перспективе.

Ожидается, что к 2023 году общее число публикаций увеличится на 23 % по отношению к 2018 г., причем количество статей индексируемых в базе данных Web of Science Core Collection вырастет на 26 %, а их доля – от 88% (2018 г.) до 91% (2023 г.). Одновременно улучшится качественная структура публикаций: в 2023 году доля статей в журналах первого и второго квартилей составит 46% от общего числа публикаций (в 2018 г. этот показатель составил 39%).

Направления исследований, проводимые по научно-технической программе, ориентированы в том числе на практические приложения результатов фундаментальных исследований. Ожидается, что основные практические результаты будут достигнуты в областях:

- развития технологии лазерной и плазменной модификации и обработки материалов;
- создания новых лазерных систем и источников терагерцового излучения;
- создания новых функциональных наноматериалов и кристаллов структурированных на нанометровой шкале для применения в области фотоники, лазерной физики, электроники и биомедицины;
- разработки новых принципов для создания устройств спинтроники;
- развития систем и технологий квантовой криптографии;
- создания сверхбыстрых приборов и устройств, работающих на пико-субпикосекундных временных шкалах.

Результаты выполнения научно-исследовательской программы будут представлять интерес для следующих организаций, с которыми ИОФ РАН связывают многолетние научно-технические связи, активное текущее взаимодействие и опыт внедрения результатов фундаментальных исследований:

ФГУП «РФЯЦ ВНИИЭФ»; ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина»; ФГУП «ВНИИА им. Н. Л. Духова»; МГУ им. М.В. Ломоносова НИЯУ «МИФИ»; ПАО «Микрон»; АО «Ангстрем-Т»; Концерн ВКО «Алмаз-Антей»; АО «Корпорация «Комета»; Лыткаринский завод оптического стекла; НПО «Луч»; ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт химии и механики»; ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»; ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского»; ФГУП «Крыловский государственный научный центр»; МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России; НУЗ НКЦ ОАО «Российские железные дороги»; ФГБОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова; АО «НПО «Орион»; НИЦ «Курчатовский институт»; организации Министерства обороны РФ и Федеральной службы безопасности РФ.

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

*Цель* и миссия научно-исследовательской программы ИОФ РАН состоит в проведении фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ мирового уровня в актуальных областях физики и получении прорывных научных результатов, обеспечивающих лидерство в глобальной конкуренции по основным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований.

*Задача* научно-исследовательской программы состоит в реализации на мировом уровне полного цикла фундаментальных и прикладных исследований в области лазерной физики, физики конденсированного состояния, спектроскопии, физики плазмы, физики поверхности, физики низкоразмерных систем и наноматериалов, акустики, фотоники, биомедицинской физики с ускоренным внедрением полученных результатов. Задачи научно-исследовательской программы призваны обеспечить комплексное развитие работ и разработок по областям научно-технической деятельности института.

Приоритетные направления научно-исследовательской программы ИОФ РАН формируются в соответствии со стратегией СНТР (указ Президента РФ N 642 (п.20а-ж)), согласно которой в ближайшие 10 - 15 лет приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации следует считать те направления, которые позволят получить научные и научно-технические результаты и создать технологии являющиеся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке, в том числе:

– по пункту (а) (*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*) – **создание новых функциональных материалов для фотоники, лазерных материалов, материалов для реализации квантовых вычислений;**

– по пункту (б) (*переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии*) – **разработка и исследование новых перспективных термоэлектриков, лазерных и микроволновых технологий передачи энергии, работы в области плазменных энергетических технологий, в том числе УТС;**

– по пункту (в) (*переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения, в том числе за счет рационального применения лекарственных препаратов (прежде всего, антибактериальных)*) – **широкий спектр применения физических методов в медицине, в том числе разработка медицинской аппаратуры для лечения**



туберкулеза, мочекаменной болезни и лазерной коррекции зрения; разработка методов фотодиагностики и фотодинамической терапии злокачественных опухолей, антибиотико-резистентной микрофлоры и аутоиммунных воспалений;

– по пункту (г) (*переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро-и аквахозяйству, разработку и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективную переработку сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания*) – **применение физических методов воздействия (в том числе лазерного, микроволнового и криовоздействия) с целью увеличения срока хранения сельскохозяйственной продукции, борьбы с заболеваниями сельхозкультур;**

По пункту (д) (*противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства*) – **разработка методов дистанционного контроля взрывчатых и отравляющих веществ; разработка элементов и составных частей систем квантовой криптографии;**

По пункту (е) (*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*) – **разработка акустических методов контроля Мирового океана и различных объектов, находящихся в Мировом океане;**

По пункту (ж) (*возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, социальных институтов на современном этапе глобального развития, в том числе применяя методы гуманитарных и социальных наук*) – **разработка систем экологического мониторинга, реализация программы научных исследования для достижения лидирующих позиций в мировой науке.**

Для реализации указанных стратегических задач, начиная с 2019 г. будет осуществлен переход к работе по новым, существенно модернизированным и укрупненным научным темам, предусматривающим кооперацию работников различных структурных подразделений ИОФ РАН:

1. **Совершенствование лазерных систем;**
2. **Лазерные микро- и нанотехнологии;**
3. **Физические методы в медицине и биологии;**
4. **Физические методы в сельском хозяйстве и экологии;**
5. **Низкоразмерные квантовые системы;**
6. **Физика высокотемпературной плазмы. Фундаментальные проблемы динамики, удержания и нагрева плазмы в трехмерных магнитных конфигурациях;**
7. **Сильно коррелированные электронные системы и квантовые наноструктурированные материалы;**
8. **Акустика мелкого моря, нелинейная акустическая диагностика, нелинейная динамика волн;**
9. **Электронно-оптические методы регистрации быстропротекающих процессов с пико- и субпикосекундным временным разрешением;**
10. **Фотоника и электроника новых углеродных материалов;**
11. **Фундаментальные основы плазменных и микроволновых технологий;**

**12. Физика волновых пакетов и физические основы квантовой информатики;****13. Применение лазеров в физических экспериментах;****14. Квантовые материалы и технологии для фотоники.**

Конкретное содержание исследований по указанным темам соответствует следующим направлениям Программы фундаментальных научных исследований Государственных академий на 2013-2020 годы (ПФНИ ГАН):

8. Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости;

9. Физическое материаловедение: новые материалы и структуры, в том числе фуллерены, нанотрубки, графены, другие наноматериалы, а также метаматериалы;

10. Актуальные проблемы оптики и лазерной физики, в том числе достижение предельных концентраций мощности и энергии во времени, пространстве и спектральном диапазоне, освоение новых диапазонов спектра, спектроскопия сверхвысокого разрешения и стандарты частоты, прецизионные оптические измерения, проблемы квантовой и атомной оптики, взаимодействие излучения с веществом;

11. Фундаментальные основы лазерных технологий, включая обработку и модификацию материалов, оптическую информатику, связь, навигацию и медицину;

12. Современные проблемы радиофизики и акустики, в том числе фундаментальные основы радиофизических и акустических методов связи, локации и диагностики, изучение нелинейных волновых явлений;

13. Фундаментальные проблемы физической электроники, в том числе разработка методов генерации, приема и преобразования электромагнитных волн с помощью твердотельных и вакуумных устройств, акустоэлектроника, релятивистская СВЧ-электроника больших мощностей, физика мощных пучков заряженных частиц;

14. Современные проблемы физики плазмы, включая физику высокотемпературной плазмы и управляемого термоядерного синтеза, физику астрофизической плазмы, физику низкотемпературной плазмы и основы ее применения в технологических процессах.

Междисциплинарный характер исследований, реализуемых в ИОФ РАН, предполагает расширение взаимодействия со сторонними организациями по целому ряду смежных направлений ПФНИ ГАН:

40. Элементная база микроэлектроники, наноэлектроники и квантовых компьютеров, материалы для микро- и наноэлектроники, нано- и микросистемная техника, твердотельная;

43. Нанотехнологии, нанобиотехнологии, наносистемы, наноматериалы, нанодиагностика, наноэлектроника и нанофотоника;

45. Научные основы создания новых материалов с заданными свойствами и функциями, в том числе высокочистых и наноматериалов;

61. Биофизика, радиобиология, математические модели в биологии, биоинформатика;

62. Биотехнология;

142. Фундаментальные основы создания систем земледелия и агротехнологий нового поколения с целью сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, эффективного использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов и производства заданного количества и качества сельскохозяйственной продукции.

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

Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН является признанным научным лидером по описанным выше направлениям исследований в Российской Федерации. Работы ученых ИОФ РАН хорошо известны в нашей стране и за рубежом, активно цитируются (более 46000 цитирований в год по базе данных Web of Sciences) и пользуются заслуженным авторитетом у российских и зарубежных коллег. Анализ данных по публикациям, индексируемых в базе данных Web of Science (WoS), показывает, что число публикаций в областях физики, соответствующих научным направлениям ИОФ РАН, в мире увеличилось на 12-15% за период 2010 – 2018 гг. За тот же период число публикаций сотрудников ИОФ РАН, индексируемых в базе данных WoS, увеличилось на 47%, а в журналах первого и второго квартилей – на 73%. Эти цифры показывают, что ИОФ РАН является успешно развивающейся научной организацией, в которой проводятся исследования на мировом уровне.

Научно-исследовательская программа «Перспективные исследования в актуальных областях современной физики» разработана таким образом, чтобы, во-первых, максимально использовать научный потенциал и компетенции ИОФ РАН и, во-вторых, организовать исследования по актуальным направлениям, отвечающим современным тенденциям развития мировой науки. Такой подход позволяет прогнозировать не только сохранение соответствия работ мировому уровню, но и в ряде случаев достичь ситуации, когда реализация программы позволит по ряду развиваемых тематик исследований занять лидирующие позиции в мире.

С этой целью программа развития института предусматривает участие в международном научном сотрудничестве и укрепление связей с зарубежными исследователями, работающими в областях представляющих интерес с точки зрения тематики работ проводимых в ИОФ РАН. В настоящее время наиболее активное научное сотрудничество ведется со следующими зарубежными организациями:

- CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGETICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLOGICAS (CIEMAT) (Испания, соглашение о сотрудничестве предусматривает проведение совместных работ как на установке испанского торсотрона TJ-II, так и на российском стеллараторе Л-2М ИОФ РАН);
- NUEVAS TECHNOLOGIAS CIENTIFICAS, S.A. (NTC, SA) LLANERA (ASTURIAS) (Испания, соглашение о сотрудничестве по работам в области флуоресцентного детектирования и фотодинамической терапии рака);
- CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS), PARIS (Франция, соглашение о сотрудничестве в таких областях как спинтроника (квантовая электроника) и численная микромагнетика (контракт CNRS #024544), а также соглашение о совместном руководстве диссертационной работой аспирантов);
- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР АВТОМАТИКИ УНИВЕРСИТЕТА ЛОТАРИНГИИ (CNRS), (Франция, Нанси, проект «Свето-индуцированная нанотераностика опухолей головы и шеи»);
- OPTOELECTRONIC RESEARCH CENTRE, TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY KORKEAKOULUNKATU, TAMPERE (Финляндия, соглашение о научном сотрудничестве в таких областях, как лазерная физика, нелинейная оптика, физика взаимодействия лазерного излучения с веществом. Соглашение предусматривает проведение совместных экспериментальных и теоретических работ в вышеуказанных областях, научный обмен между сотрудниками, проведение лекций для студентов и аспирантов);

- INSTITUT FUER PHYSIKALISCHE CHEMIE UND ELEKTROCHEMIE, LEIBNIZ UNIVERSITAET HANNOVER, HANNOVER (Германия, соглашение о академическом сотрудничестве и партнерстве в области разработки керамических ионных проводников. Соглашение заключено в рамках межправительственного Соглашения о научно-техническом сотрудничестве между РФ и ФРГ);
- SWISS NATIONAL SCIENCE FOUNDATION/ Швейцарский национальный научный фонд, INSITUTE OF APPLIED PHYSICS, UNIVERSITY OF BERNE (Швейцария, договор о сотрудничестве в рамках научного соглашения между Восточной Европой и Швейцарией);
- ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ СЛОВАЦКОЙ АН, КОШИЦЕ (Словакия, договор о прямых научных связях и проведении совместных работ по теме: «Исследования транспортных, тепловых, магнитных характеристик и электронного спинового резонанса соединений на основе редкоземельных и переходных элементов в экстремальных условиях (низкие температуры, сильные магнитные поля, высокие давления)»);
- ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА БОЛГАРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (Болгария, совместные научные исследования по теме «Получение и исследование органических наноструктур для оптоэлектроники»);
- CALLAGHAN INNOVATION (RESEARCH) LIMITED (CIRL), WELLINGTON (Новая Зеландия, соглашение о совместном выполнении проекта по созданию и разработке новейших плазменных технологий в целях улучшения критического тока высокотемпературных сверхпроводников);
- COLLEGE OF CHEMICAL ENGINEERING AND MATERIALS SCIENCE, ZHEJIANG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (CCEMS), (Китай, соглашение о сотрудничестве в области создания нанокристаллических алмазных пленок и приборов в рамках проекта «Совместные исследования направленные на создание полупроводниковых нанокристаллических алмазных пленок и приборов»);
- ПЕКИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (Китай, соглашение о создании Лаборатории лазерной микро/нано обработки между Национальным исследовательским ядерным университетом «МИФИ», ИОФ РАН и Пекинским технологическим институтом).

При реализации программы развития будет дополнительно развиваться сотрудничество с международными организациями Европы, КНР, Японии и США, с которыми у ИОФ РАН имеются рамочные соглашения о научном сотрудничестве и академических обменах:

- ERLANGEN GRADUATE SCHOOL IN ADVANCED OPTICAL TECHNOLOGIES (SAOT), FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITAET ERLANGEN-NUERENBERG (Германия);
- GUANGZHOU HEXIN INSTRUMENT CO., LTD (Китай);
- ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE (ETRI), Gajeong-Dong, Yuseong-Gu, Daejeon (Корея);
- ЦЕНТР МОЛЕКУЛЯРНЫХ ФОТОИССЛЕДОВАНИЙ УНИВЕРСИТЕТА КОБЕ, (Япония);
- COLLEGE OF SCIENCE NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY (COS-NTU), TAIPEI (Тайвань);
- UNIVERSITY OF CENTRAL FLORIDA (UCF), (США).

Поскольку программа развития научных исследований ставит не только задачу сохранения уровня исследований, соответствующих мировому, но и задачу выхода на лидирующие позиции в мировой науке, для анализа уровня научно исследовательской программы

принципиальным является вопрос об актуальности заявляемых направлений работы в свете мировых тенденций научного развития. Далее будет рассмотрена актуальность тематик и задач исследований, составляющих программу и перечисленных выше в п. 3.3.

**1. Совершенствование лазерных систем.** Актуальность данной научной темы состоит в необходимости создания и изучения одночастотных лазеров с высокой яркостью излучения, а также мощных малогабаритных, высокоэффективных лазерных систем с высоким качеством излучения и требуемыми характеристиками для применений, в частности, в телекоммуникационном диапазоне. Следует упомянуть также необходимость разработки новых эффективных технологий с использованием различных нелинейных процессов при воздействии лазерного излучения на вещество. В настоящее время работы по вышеуказанной тематике активно ведутся в России и в других развитых странах, причем по ряду параметров ИОФ РАН занимает здесь лидирующие позиции.

**2. Лазерные микро- и нанотехнологии.** Среди разнообразных областей применения лазеров лазерные технологии обработки материалов занимают особое место, поскольку оказались исключительно востребованы промышленностью. Наиболее значимые результаты достигнуты в области сварки, резки и упрочнения поверхности с использованием непрерывного и квазинепрерывного (с миллисекундной длительностью каждого из импульсов серии) излучения высокой средней мощности от 1 до 30 кВт. Альтернативный подход заключается в обработке материалов короткими (микро-, нано-, пико- и фемтосекундными) лазерными импульсами, который позволяет достичь значительно более высокой степени прецизионности (вплоть до 10-1000 нм) при модификации/удалении облучаемого материала. Однако широкое использование короткоимпульсных лазерных микро- и нанотехнологий обработки материалов до настоящего времени сдерживается низкой средней мощностью импульсных лазеров, которая до последнего времени не превышала уровень 1-10 Вт. Ситуация стала резко меняться в последние годы, что связано с развитием импульсных лазерных систем, а конкретно - со значительным увеличением частоты следования ультракоротких лазерных импульсов (до 1-10 МГц). Поэтому работы в данном направлении являются принципиально важными для обеспечения предприятий Российской Федерации самыми современными технологиями обработки материалов и создания на вышеуказанных принципах высокотехнологичного оборудования.

**3. Физические методы в медицине и биологии.** Развитие лазерной техники открывает новые возможности для разработки актуальных методов и технологий лечения глазных болезней микрохирургическими способами. Фотодинамическая терапия и флуоресцентная диагностика дает существенный выигрыш при ранних обнаружениях злокачественных опухолей по сравнению с другими методами. Двухволновые лазерные медицинские системы микросекундной длительности способны реализовать новые эффективные технологии лечения при хирургических вмешательствах, с использованием различных нелинейных процессов при воздействии лазерного излучения на ткани. Одной из важных целей в области современных биомедицинских исследований и здравоохранения является получение неинвазивными методами люминесцентного изображения высокого разрешения биотканей в видимом и инфракрасном диапазоне спектра вплоть до мониторинга локальной температуры внутри клетки.

**4. Физические методы в сельском хозяйстве и экологии.** Увеличение производства сельскохозяйственной продукции и улучшение ее качества является одной из важнейших задач обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации, решение которой невозможно без внедрения технологий обеспечивающих повышение урожайности, рост производства сельскохозяйственной продукции, снижение потерь при ее хранении и переработке. Проблема потерь сельскохозяйственной и пищевой продукции является проблемой мирового масштаба. По данным ФАО ООН, ежегодные глобальные потери продуктов питания достигают 30%. Основные причины потерь связаны с поражением культурных растений вредителями и болезнями, а также бактериальной порчей овощей, фруктов, мяса, рыбы и других

продуктов питания при складском хранении. Применение физических факторов в агротехнологиях основано на закономерностях их биологического действия, которое может проявляться как в стимуляции процессов развития, например, сельскохозяйственных культур, так и в подавлении жизнедеятельности патогенных и микроорганизмов и возбудителей болезней. В настоящее время в мировой практике наиболее распространены радиационные технологии предполагающие применение ионизирующих излучений. Программа исследований предполагает широкие поисковые исследования и новые подходы, основанные на использовании неионизирующего электромагнитного излучения, акустических волн, а также низкотемпературной плазмы.

Тропосферный озон признан интегральным показателем загрязнения воздуха в приземной атмосфере. Последнее десятилетие наблюдается постепенный рост содержания тропосферного озона. Долговременный и непрерывный мониторинг тропосферного озона является постоянной практикой в Европе, США и Японии. Для России проблема измерения концентраций тропосферного озона, его временных и пространственных вариаций является чрезвычайно актуальной. Актуально и исследование зависимости социально-значимых заболеваний (сердечно-сосудистых, респираторных) от уровня содержания озона в приземном слое атмосферы.

**5. Низкоразмерные квантовые системы.** Рассматриваемая как одна из современных тенденций развития мировой науки, физика низкоразмерных квантовых систем объединяет целый ряд развивающихся параллельно, но в тоже время достаточно независимых научных направлений. Для проведения работ в этой области в ИОФ РАН были выбраны наиболее конкурентоспособные тематики соответствующие мировому уровню или имеющие хороший потенциал для выхода на мировой уровень исследований. С этой точки зрения следует, прежде всего, выделить физику поверхности и методы ее исследования, основанные на сверхвысоковакуумной сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии. В качестве актуальной научной задачи рассматривается проблема окисления металлов, которая является одной из центральных в науке о поверхности. Учитывая ту роль, которую играют процессы окисления в жизни человека (коррозия металлов, применение окислов металлов и полупроводников в различных устройствах и процессах, гетерогенный катализ с участием кислорода), продвижение в понимании механизмов подобных процессов является актуальным и практически важным.

Направление «низкоразмерные квантовые системы» является актуальным и с точки зрения создания квантовых компьютеров. Для достижения прогресса в этом направлении необходимо развивать квантовые технологии на твердотельных материалах, для чего необходимы исследования поведения единичных примесных атомов в полупроводниковых матрицах и, например, в графене.

Для преодоления ограничений по миниатюризации и масштабированию полупроводниковых устройств требуются разработки принципиально новых подходов, основанных на совместном использовании магнитных и оптических процессов, а также чистых спиновых токов. Интеграция этих подходов требует эффективных методов управления намагниченностью на мезоскопических и квантовых масштабах. Другим важным направлением исследований является молекулярная спинтроника, перспективная с точки зрения возможности разработки устройств для квантовых вычислений.

**6. Физика высокотемпературной плазмы. Фундаментальные проблемы динамики, удержания и нагрева плазмы в трехмерных магнитных конфигурациях.** Потенциальное применение полностью ионизованной высокотемпературной (с температурой около 10 кэВ) плазмы состоит в использовании реакций синтеза ядер изотопов водорода дейтерия и трития, и основано на физическом явлении выделения энергии при слиянии этих ядер с образованием альфа-частиц с энергией 3,5 МэВ и нейтронов с энергией 14 МэВ. При этом по-прежнему актуальной является задача удержания плазмы в энергетических установках. В последние годы международное научное сообщество добилось больших успехов в направлении связанном с удержанием плазмы в трехмерных замкнутых магнитных конфигурациях – стеллараторах, в которых необходимая для равновесия плазмы конфигурация магнитного поля создается полем токов текущих по внешним

проводникам. Усилиями международного научного сообщества (Япония, Германия, Россия, США, Испания) в последние годы получены новые значимые экспериментальные результаты по устойчивому удержанию плотной высокотемпературной плазмы в стеллараторах, в которых (в отличие от токамаков) для удержания плазмы не требуется генерировать тороидальный ток, являющийся источником развития неустойчивостей и срывов плазмы. Вместе с тем, многие процессы, происходящие в плазме стеллараторов, не имеют достаточно полного объяснения и нуждаются в проведении дополнительных физических исследований.

**7. Сильно коррелированные электронные системы и квантовые наноструктурированные материалы.** Исследования наиболее перспективных в прикладных и фундаментальных аспектах материалов - систем с сильными электронными корреляциями, ионным транспортом, материалов типа «quantum matter» (квантовые критические системы, топологические изоляторы, спиновые жидкости) показывает, что генезис их необычных свойств обусловлен особенностями различных физических процессов на нанометровой шкале. Эта шкала определяет масштаб различных электронных и магнитных неоднородностей, а также закономерности неравновесного фазообразования и роста кристаллов путем ориентированного срачивания наночастиц. В качестве актуальных направлений исследований сильно коррелированных электронных и ионных систем и квантовых наноструктурированных материалов в ИОФ РАН можно выделить: (1) электронный транспорт, сверхпроводимость и магнетизм в сильно коррелированных, наноструктурированных и квантовых критических электронных системах, находящихся в экстремальных условиях (низкие температуры и сильные магнитные поля); (2) разработку и исследование наноструктурированных сред для фотоники; (3) электродинамику объектов со сверхструктурой и высокой ионной проводимостью; (4) создание новых материалов для термоэлектрических преобразователей и энергосберегающих технологий.

**8. Акустика мелкого моря, нелинейная акустическая диагностика, нелинейная динамика волн.** Глобальное потепление открывает новые возможности для коммерческого использования северных морей России. Вместе с тем, появляются и новые проблемы, связанные с этими возможностями. В частности, актуальными становятся: контроль за уровнем антропогенных акустических шумов; диагностика эмиссии природного газа в атмосферу; звукоподводная связь в акваториях, в том числе и покрытых льдом. Решение этих научных задач должно базироваться на адекватной физической модели распространения звука на арктическом шельфе. Контроль подводной обстановки является одной из приоритетных проблем акустики океана, решение которой подразумевает создание новых методов обработки гидроакустических сигналов. В настоящее время традиционные методы достигли практически предельных возможностей и не позволяют осуществлять наблюдение в условиях малого отношения сигнал/помеха и пространственно-временной изменчивости морских акваторий. Решение этой проблемы предполагается осуществить с помощью имеющегося в ИОФ РАН научного задела.

**9. Электронно-оптические методы регистрации быстропротекающих процессов с пико- и субпикосекундным временным разрешением.** Время анализирующие электронно-оптические преобразователи и камеры на их основе широко используются в исследованиях разнообразных сверхбыстрых явлений и процессов. ИОФ РАН занимает лидирующие позиции в РФ в данной области научных исследований и технологий, причем по ряду параметров разработанные приборы превосходят мировой уровень, что позволяет проводить принципиально новые эксперименты в области лазерной и плазменной физики, нелинейной оптики, ускорительной техники и фотобиологии. Работы в этом направлении особенно актуальны в настоящее время в связи с экономическими санкциями со стороны Запада и ограничениями на поставку (вплоть до полного запрета) на подобное оборудование.

**10. Фотоника и электроника новых углеродных материалов.** Хорошо известно, что лучшие природные монокристаллы алмаза обладают совокупностью экстремальных характеристик. Они прозрачны в ультрафиолетовом (вплоть до длины волны излучения 225 нм), видимом, инфракрасном, терагерцовом и микроволновом спектральном диапазонах. Алмаз имеет рекордную твердость, радиационно и

химически стоек. Эти и целый ряд других свойств алмаза давно привлекают к нему повышенное внимание как к уникальному материалу, в том числе оптическому и электронному. Однако широкое практическое использование природных алмазов сдерживается их высокой стоимостью, а также ограниченностью размеров кристаллов. Ситуация начала резко меняться в последние десятилетия, когда бурное развитие физико-химических технологий позволило синтезировать монокристаллический алмаз со свойствами лучшими, чем у природных алмазов. Более того, синтетический материал имеет меньшую стоимость, причем характерные размеры таких монокристаллов алмаза уже достигают нескольких миллиметров по высоте и до сантиметра по основанию. Помимо этого, оказалось возможным создавать значительно более широкоапертурные поликристаллические алмазные пластины, а также микро- и нанокристаллические алмазные слои на подложках и тонкие аморфные алмазоподобные пленки и алмазные наночастицы. И, наконец, появились методы синтеза квантово-размерных углеродных наноструктур: углеродных нанотрубок и графена, также обладающих целым рядом уникальных свойств – селективным поглощением в широком спектральном диапазоне, сверхбыстрой релаксацией электронных возбуждений, низким электрическим сопротивлением, высокой механической прочностью. В последние годы было обнаружено, что при сохранении высокой оптической прозрачности электрическое сопротивление этих нанокристаллических материалов можно менять на порядок. Такие свойства должны обусловить создание нового класса материалов с широкими применениями в оптической и электронной промышленности. Работы в этом направлении ведутся во всех развитых странах. Для России участие в этих исследованиях, характеризующихся острой мировой конкуренцией, является принципиально важным для обеспечения технологической безопасности нашей страны.

**11. Фундаментальные основы плазменных и микроволновых технологий.** Данное направление исследований включает различные экспериментальные и теоретические аспекты (синтез нанокмполитов, плазменные антенны, плазменные кристаллы, сверхкороткие электромагнитные импульсы). Актуальность исследований по плазменным микроволновым технологиям обусловлена необходимостью получения микро- и нанокмполитов - веществ с контролируемым размером и химическим составом. Важность разработки плазменных антенн связана с необходимостью создания интеллектуальных антенн с безынерционным управлением, радиотехнических устройств и телекоммуникационных систем нового поколения, в том числе со сниженной радиолокационной заметностью. Создание источников когерентного и некогерентного короткоимпульсного электромагнитного излучения стимулируется их использованием в различных приложениях. Построение теории плазменных кристаллов – уникального и необычного состояния материи, проводилось ранее с использованием упрощенных модельных потенциалов взаимодействия между частицами, что приводило к потере информации о многих важных особенностях. Развитие работ в этом направлении представляет собой интересную фундаментальную научную задачу.

**12. Физика волновых пакетов и физические основы квантовой информатики.** Квантовая криптография – важное направление современных квантовых технологий, позволяющее производить обмен цифровыми ключами. Реализация таких систем – важная практическая задача, на решение которой направлены лучшие научные силы ведущих мировых держав. Особенность методического подхода используемого в ИОФ РАН состоит в том, что световые импульсы в оптических световодах могут принимать форму локализованных солитонов, которые, в свою очередь, могут распадаться на пары солитонов. Исследование степени перепутывания пар солитонов актуально, т.к. такие системы могут стать достойными конкурентами спонтанного параметрического рассеяния в задачах квантовой информатики. При этом спонтанное параметрическое рассеяние света – это один из основных способов получения перепутанных бифотонных состояний. В связи с этим, несомненно актуально знание таких фундаментальных свойств бифотонных состояний, как интерференционные явления, обусловленные волновой природой таких состояний.



**13. Применение лазеров в физических экспериментах.** Применение лазеров в физических экспериментах является одним из актуальных и перспективных способов изучения веществ в экстремальных условиях, создаваемых в том числе самим лазерным излучением. Актуальность данной тематики исследования определяется отсутствием необходимой информации о поведении вещества в условиях экстремальной фазовой неравновесности, возникающей в условиях интенсивного импульсного лазерного воздействия. Данные исследования позволят получить новую информацию, в частности, о параметрах критической точки металлов, для большинства которых в настоящее время значения этих параметров являются плохо определенными, поскольку в данном случае обычные квазистационарные и квазиравновесные подходы оказываются практически не применимыми.

Другой важной научной задачей является релятивистская электродинамика заряженных частиц в сверхинтенсивном лазерном поле. Актуальность данной проблематики диктуется, в первую очередь, фундаментальным характером рассматриваемой проблемы и разнообразием новых эффектов, возникающих под действием нелинейностей, сопряженных с релятивистской динамикой заряженных частиц, которую индуцируют сверхмощные ультракороткие лазерные поля. Использование данных эффектов в обозримом будущем станет основой для построения принципиально новых, отличающихся беспрецедентно высокой эффективностью, ускорителей заряженных частиц.

Лазерные технологии позволяют осуществлять генерация мощных импульсов широкополосного СВЧ и ТГц излучения. Исследование процесса генерации мощных сверхширокополосных электромагнитных импульсов представляет значительный интерес, как с точки зрения фундаментальной науки, так и для прикладного использования таких импульсов.

Еще одним примером физических явлений является филаментация мощного лазерного излучения в газовых средах. Исследование этого явления является задачей большого числа отечественных и зарубежных научных групп. Актуальность данной тематики состоит в необходимости выяснения фундаментального механизма взаимодействия лазерного излучения фемтосекундной длительности со средой, а также в поиске практических применений данного физического явления.

**14. Квантовые материалы и технологии для фотоники.** Особенностью современного этапа развития лазерной физики, а также фундаментальной и прикладной физики конденсированного состояния, является конвергенция различных направлений, которую можно охарактеризовать как исследование квантовых материалов и развитие сопутствующих технологий, в том числе на нанометровой шкале. Эта область исследований тесно связана с современной фотоникой, которая традиционно включает прикладные аспекты лазерной физики, оптоэлектронику, волоконную, интегральную и нелинейную оптику, биологические исследования и медицинскую диагностику. В последние годы этот список дополняется различными приложениями терагерцовой спектроскопии, квантовыми вычислениями и квантовой криптографией. Каждая из перечисленных областей весьма специфична по используемым экспериментальным методам и теоретическим подходам и нуждается в адекватной поддержке соответствующими материалами и аппаратурой. В такой ситуации представляется весьма перспективным и актуальным проводить исследования междисциплинарного характера, находящиеся на стыке проблем фотоники, физического материаловедения и нанотехнологий.

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

Основные ожидаемые результаты фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований, проводимых в рамках реализации научно-исследовательской программы, разделяются по качественным и количественным показателям.

#### **Качественные показатели:**

**1. Совершенствование лазерных систем.** Будут разработаны и оптимизированы новые лазерные системы и технологии для научных и технических применений, основанные на изучении перспективных твердотельных и газоразрядных активных лазерных сред и материалов, способов и методов их накачки.

**2. Лазерные микро- и нанотехнологии.** Будут исследованы перспективные задачи ультрапрецизионной (микро- и нано-) обработки материалов импульсно-периодическим лазерным излучением. С фундаментальной точки зрения планируется изучение целого ряда физических процессов, в частности термо- и фотостимулированная модификация структуры и фазового состава вещества; нагрев и испарение (абляция) материалов; поверхностные химические реакции; оптический пробой (ионизация) твердых тел, факела паров, газов и жидкости вблизи поверхности мишени; индуцированные излучением изменения показателя преломления в облучаемом прозрачном материале. Основной акцент будет сделан на использовании коротких (нано- и пикосекундных) и ультракоротких (фемтосекундных) лазерных импульсов различной интенсивности с частотой повторения до МГц и выше. В качестве основных объектов лазерного воздействия будут использованы новые углеродные материалы (моно, поли и нанокристаллический алмаз, алмазоподобные пленки, углеродные композиты, широкозонные диэлектрики BN и SiC, полупроводники (главным образом, кремний) и металлы. Эти исследования механизмов взаимодействия лазерного излучения с веществом позволят разработать основы различных технологий микро и нанобработки, позволяющих реализовать: 2D и 3D поверхностные нано и микроструктуры со ступенчатым и непрерывным профилем; сквозное и заданной глубины микро сверление, в том числе получение каналов не только цилиндрической, но и более сложной формы; локальную модификацию оптических свойств на поверхности и в объеме прозрачных материалов с образованием 2D и 3D микро структур для фотоники и физики высоких энергий; синтез наночастиц и перенос на подложки материала мишени при ее лазерной абляции.

**3. Физические методы в медицине и биологии.** В рамках развития данного направления будет осуществлена разработка новых методов, технологий и аппаратных средств для лазерных микрохирургических офтальмологических операций, в том числе по коррекции рефракции, катаракте, кератопластике. Будет выполнена разработка лазерных комплексов для флуоресцентной диагностики и терапии социально значимых заболеваний. Будет проведено систематическое изучение эффективности применения бактерицидных свойств лазерного ультрафиолетового излучения в пике бактерицидности для лечения гнойно – некротических ран в случае лекарственной полирезистентности.

На настоящем этапе развития медицины прорывной технологией является сочетание методов фотодинамической терапии и диагностики с нанотехнологиями, что обеспечивает адресную доставку медицинских препаратов в органы пациента. Для достижения этой цели будут разработаны методы синтеза и применения наночастиц-фотосенсибилизаторов (хлоринов, порфиринов, фталоцианинов), нанок комплексов переходных и благородных металлов, фторидных и фосфорсодержащих нанокристаллов, легированных редкоземельными ионами, избирательно воздействующих на злокачественные ткани и позволяющих реализовать локальный фотодинамический эффект, нагрев и визуализацию биотканей.

**4. Физические методы в сельском хозяйстве и экологии.** Применительно к задачам сельского хозяйства будут исследованы технологии применения неионизирующих излучений (в частности, лазерного, СВЧ, сверхширокополосного электромагнитного излучения, излучения плазмы) для обработки сельскохозяйственной и пищевой продукции, в том числе с целью снижения потерь при ее хранении и переработке. Будет осуществлен долговременный мониторинг тропосферного озона, тенденции к повышению концентрации которого связаны с изменением климата и ростом антропогенных загрязнений. Работа в этом направлении даст возможность предложить методы мониторинга тропосферного озона и технологии для снижения негативного воздействия озона и химических загрязнителей на состояние сельскохозяйственных посевов.

**5. Низкоразмерные квантовые системы.** Будут выяснены механизмы взаимодействия легких заряженных частиц (электронов и позитронов) с наноструктурами для создания и совершенствования методов диагностики наноструктурированных объектов. Будет осуществлена разработка методик и метрологического обеспечения для сканирующей зондовой и электронной (позитронной) микроскопии и спектроскопии с целью анализа сложных динамических объектов на поверхности металлов и полупроводников.

Методы сверхвысоковакуумной сканирующей микроскопии будут применены для исследования фундаментальных проблем модификации свойств поверхности и катализа. Будут установлены механизмы окисления и галогенирования металлов на основе данных сканирующей зондовой микроскопии и теоретических расчетов из первых принципов; выяснены особенностей реакции эпоксидирования алкенов на поверхности модельных катализаторов (монокристаллов серебра, меди и золота) в условиях сверхвысокого и экстремально высокого вакуума с контролем атомной и электронной структуры на каждой стадии процесса.

Будет выполнено исследование, имеющее целью создание моноатомных масок для последующего внедрения атомов фосфора в решетку кремния. В результате будет продемонстрирована возможность создания квантовых регистров и одноэлектронных транзисторов из атомов  $^{31}\text{P}$  на поверхности моноизотопного кремния  $^{28}\text{Si}(100)$ .

Будут разработаны теоретические модели и методы управления намагниченностью в спинтронных системах, включая возбуждение терагерцовой динамики фемтосекундными лазерными импульсами, переключение и возбуждение высокоамплитудной динамики вращающимися моментами спин-орбитальной природы и эффектом переноса спина. Будут предложены варианты практической реализации устройств молекулярной спинтроники, использующие квантовую динамику тороидного момента под действием магнитного и/или электрического полей, а также электрического тока.

Будут исследованы механизмы формирования оптических и фотоэлектрических свойств многослойных гетероструктур с плотными массивами квантовых точек германия в матрице монокристаллического кремния, процессы межслоевого упорядочения квантовых точек и формирования молекулоподобных цепочек квантовых точек Ge в матрице монокристаллического кремния.

**6. Физика высокотемпературной плазмы. Фундаментальные проблемы динамики, удержания и нагрева плазмы в трехмерных магнитных конфигурациях.** Будут выполнены теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных свойств полностью ионизованной высокотемпературной плазмы, создаваемой и удерживаемой в трехмерных магнитных конфигурациях, в том числе исследованы особенности получения высокотемпературной плазмы с электронной температурой порядка 1 кэВ с помощью СВЧ излучения. Будут исследованы механизмы нагрева плазмы в тороидальном трехмерном магнитном поле; особенности развития и затухания турбулентных процессов в широком интервале частот и волновых чисел; потери энергии и частиц плазмы в трехмерных магнитных системах.

**7. Сильно коррелированные электронные системы и квантовые наноструктурированные материалы.** Будет выполнено комплексное экспериментальное и теоретическое исследование квантовых материалов и разработка технологий на нанометровой и атомной шкале с использованием современных методов современной физики конденсированного состояния в экстремальных условиях низких температур и сильных магнитных полей, включая различные спектроскопические методы, в том числе в терагерцовом диапазоне частот. Будут изучены электронный транспорт, магниторезонансные, сверхпроводящие и термоэлектрические свойства в редкоземельных соединениях с каркасной структурой ( $RB_6$ ,  $RB_{12}$ ,  $RB_{66}$ ), спиральных магнетиках, электронных нематиках, системах с электронным и магнитным фазовым расслоением, топологических изоляторах и квантовых критических системах. В результате такого исследования будут выявлены особенности электронной и магнитной структуры сильно коррелированных систем различной природы на нанометровой пространственной шкале.

Будут разработаны принципы управления поляризацией излучения модулированных структур наноплазмоники и нанофотоники.

Будут предложены и апробированы новые методы получения наноматериалов, в том числе с использованием механизма ориентированного сращивания наночастиц, в интересах разработки перспективных функциональных материалов и технологий для микро- и нанoeлектроники, энергетики, информатики, лазерной техники и биофотоники. Использование методик спектроскопии, доказавших свою эффективность для исследования сложных наноструктурированных сред, позволит решить актуальные научные задачи исследования органических соединений и биологических тканей в терагерцовой области спектра в интересах создания новых технологий химии, фармацевтики, биологии и медицины.

**8. Акустика мелкого моря, нелинейная акустическая диагностика, нелинейная динамика волн.** Будет построена физическая модель распространения звука на мелководном арктическом шельфе России. Разработана методика пространственно-разнесенного контроля за уровнем антропогенных шумов в северных морях, способных нанести вред морским животным.

Будут развиты математические принципы интерферометрического метода мониторинга гидродинамических возмущений и локализации малошумных источников звука в морских акваториях и осуществлена его апробация.

Будет изучен новый класс параметрических акустических явлений, обусловленных модуляцией параметров нелинейного взаимодействия волн. Развитие ультразвукового подхода в изучении пространственно-временной динамики капиллярно-гравитационных волн на границе раздела жидкостей, заключенных в ограниченный объем, позволит обнаружить особенности ультразвукового возбуждения волн на границе жидкостей с различными параметрами при использовании ультразвуковых пучков различной временной и пространственной структуры, в том числе и в условиях микрогравитации.

Будут разработаны новые методы реконструктивной ультразвуковой томографии жидких и жидко-подобных сред: картографии нелинейного параметра с использованием обращения фронта ультразвуковых волн и векторной томографии нестационарных потоков в однородной и неоднородной жидкости.

**9. Электронно-оптические методы регистрации быстропротекающих процессов с пико- и субпикосекундным временным разрешением.** Будет выполнена модернизация конструкции электронно-оптической камеры (ЭОК) PS-01/S1 на базе время анализирующего электронно-оптического преобразователя (ЭОП) ПИФ-01 для улучшения ее временного разрешения до 500 фс. Будет осуществлена разработка модифицированного диссектора на основе ЭОП типа ПИФ-01 с временным разрешением 1-2 пс. Будет осуществлен комплекс научно-технических мероприятий по применению модернизированной ЭОК в экспериментах по лазерной физике, физике плазмы в ИОФ РАН и других научно-исследовательских центрах РФ, в частности, разработанная электронно-оптическая аппаратура будет применена в

качестве штатного диагностического оборудования на ускорителях заряженных частиц в ИЯФ СО РАН (г. Новосибирск) и КИСИ (г. Москва). Будут разработаны и созданы диссекторы нового поколения со скрещенной разверткой, позволяющие одновременно регистрировать временные профили электронных и позитронных пучков, заполняющих от двух до нескольких сотен соседних сепаратрис кольца ускорителя на электрон-позитронных коллайдерах.

**10. Фотоника и электроника новых углеродных материалов.** Будут осуществлены разработки технологий синтеза и обработки, а также выполнены исследования свойств и применений в фотонике и электронике новых углеродных материалов, в том числе: моно-, поли- и нанокристаллического алмаза, получаемого осаждением из газовой фазы на подложке (CVD алмаз), одностенных углеродных нанотрубок, графена и углеродных наночастиц. Основной акцент будет сделан на создании новых и совершенствовании известных высокоскоростных технологий газофазного (плазмохимического) синтеза, оптических методах контроля качества синтезируемых материалов, механических, химических и лазерных способах их обработки. Конечной целью является получение углеродных материалов и изделий на их основе (пластины, тонкие пленки и т.п.), обладающих совокупностью уникальных свойств, таких как: высокая теплопроводность, широкодиапазонная оптическая прозрачность, низкая дефектность и высокая подвижность носителей заряда, возможность высокой и контролируемой степени легирования. Ожидается, что в результате проведения комплексных фундаментальных исследований откроется возможность создания новых элементов и устройств для фотоники (оптика для рентгеновского, УФ, видимого, ИК и терагерцового диапазонов, сенсоры, новые типы лазеров, люминесцентные маркеры и другие) и электроники (теплоотводы для интегральных схем, скоростные высоковольтные переключатели, мощные транзисторы, радиационно-стойкие детекторы ионизирующего излучения, полевые эмиттеры электронов).

**11. Фундаментальные основы плазменных и микроволновых технологий.** Будут выполнены теоретические и экспериментальные исследования в областях низкотемпературной плазмы и газового разряда; плазменной микроволновой технологии для синтеза, обработки и модификации конденсированных и газообразных сред; физики взаимодействия мощного электромагнитного излучения с конденсированными средами, газами и плазмой; плазменной радиофизике и электронике. Будет проведено исследование мощных импульсных источников СВЧ-излучения на сильноточных релятивистских электронных пучках, а также выполнено изучение возбуждения релятивистки сильных ленгмюровских волн, ускорения плазменных частиц, генерации рентгеновского и ультрафиолетового излучений и физики горения газов при возбуждении электрическими и микроволновыми разрядами.

Будет разработана теория многослойных плазменных кристаллов с учетом реального характера взаимодействия и выполнено исследование свойств классических кулоновских систем.

Будут созданы новые керамические материалы, покрытия, повышающие пороги или исключают полностью возможность вторично-эмиссионных микроволновых пробоев на космических спутниках связи, что существенно повысит объем информации, принимаемой и передаваемой спутниками.

Будет дано комплексное описание физических принципов и особенностей работы плазменных антенн из газоразрядных трубок, изучение их характеристик и способов управления ими. Будет разработана плазменная антенна с управляемой диаграммой направленности и другими характеристиками, предложены схемы новых антенно-фидерных устройств с газоразрядной плазмой, плазменных установок, новых и модернизированных элементов микроволновых систем для диагностики плазмы и других объектов.

**12. Физика волновых пакетов и физические основы квантовой информатики.** Будут исследованы временные интерференционные явления в эффекте Хонга-Оу-Манделя, а также изучено преобразование волн при отражении от граней нелинейных одноосных кристаллов и возникающие в связи с этим модификации эффекта Хонга-Оу-Манделя.

Будут разработаны и протестированы системы квантовой криптографии, работающие по открытому пространству, в том числе использующие релятивистский протокол.

Будет проведено детальное теоретическое изучение дифракционного механизма фокусировки волновых пакетов, состоящих из волн де-Бройля и методов генерации перепутанных квантовых состояний в парах оптических солитонов в оптических световодах.

**13. Применение лазеров в физических экспериментах.** Будут проведены исследования, нацеленные на создание генераторов широкополосных электромагнитных импульсов с высокой пиковой мощностью. Предполагается получение новых экспериментальных данных о процессах генерации электромагнитного излучения при сверхсветовом разряде вакуумного диода.

В рамках исследований физических свойств веществ в экстремальных условиях, создаваемых лазерным излучением, будут выполнены исследования теплофизических и механических свойств вещества при воздействии на него мощного лазерного излучения. Предполагается получение новых экспериментальных и теоретических данных в области лазерных ударных волн, откольных явлений и кумулятивных эффектов в конических мишенях. Будет проведено исследование порогов разрушения различных оптических материалов под действием лазерного излучения.

Будет подробно изучен эффект филаментации мощного лазерного излучения в газовых средах и исследованы свойства плазмы возникающей при филаментации мощного фемтосекундного лазерного излучения. Предполагается получение новых экспериментальных данных о рекомбинации плазмы при филаментации в газах и смесях газов и о параметрах терагерцового излучения фемтосекундных филаментов.

Будут разработаны полностью нелинейные модели в теории релятивистской, предельно нелинейной динамики заряженных частиц в ультракоротком сверхинтенсивном электромагнитном поле лазерного излучения и исследовано взаимодействие релятивистски интенсивных когерентных оптических полей с веществом на основе данных моделей.

Будет предложен комплекс подходов для характеристики нано- и микроструктурированных поверхностей и тонких плёнок материалов оптоэлектроники с использованием лазерной гетеродинной микроскопии, генерации оптических гармоник и волноводного распространения лазерного излучения. Будут получены новые экспериментальные и теоретические результаты при изучении оптических свойств плазмонных волноводов и метаматериалов на основе наноструктурированных поверхностей, а также при исследовании природы размерно-зависимых квадратичных оптических нелинейностей тонких слоёв и плёнок.

**14. Квантовые материалы и технологии для фотоники.** Ожидается решение ряда междисциплинарных задач на стыке фотоники, физического материаловедения и нанотехнологий, включающих создание новых волоконных и волноводных лазеров на основе активных сред легированных редкоземельными элементами (Nd, Ho, Er, Yb и др.). Будут изучены режимы генерации ультракоротких лазерных импульсов пико- и фемтосекундного диапазонов; оптимизированы характеристики квантронов и волоконных усилителей с диодной накачкой; созданы лазерно-плазменные источники терагерцового излучения и генераторы широкополосного лазерного излучения (суперконтинуума) с использованием новых материалов с большой нелинейностью показателя преломления. Будет осуществлен синтез и изучены свойства новых материалов с центрами люминесценции на основе графена, алмазных пленок и полупроводниковых структур  $A^2B^6$ , а также графитизированного алмаза и полимерных композиционных материалов.

Данные результаты будут иметь приоритетный характер, что следует из вышеприведенного анализа актуальности научных тематик, входящих в научно-исследовательскую программу, и будут полностью соответствовать мировому уровню исследований. Ряд результатов фундаментальных исследований будут иметь практические приложения.

### **Количественные показатели**

Основным количественным показателем реализации научно-исследовательской программы «Перспективные исследования в актуальных областях современной физики» является рост числа публикаций по темам государственного задания в ведущих научных журналах и иных научных изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science (основная база для оценки деятельности) и Scopus (дополнительная база для оценки деятельности) и улучшение их качества, характеризуемого долей статей, публикуемых в журналах первого и второго квартилей. В 2018 г. ИОФ РАН по темам государственного задания было опубликовано 522 статьи, из них 464 статьи в Web of Science Core Collection и 139 статей в журналах первого и второго квартиля.

Ожидается, что выполнение научно-исследовательской программы приведет к следующей динамике показателей:

Год	Всего WoS и Scopus	Из них WoS Core Collection	Всего статей первого и второго квартиля по WoS
2018 (отчетный)	522	464	202
2019	545	496	216
2020	584	531	250
2021	624	568	289
2022	635	578	293
2023	645	588	297

Таким образом, к 2023 году число публикаций увеличится на 23 % по отношению к 2018 г., причем количество статей, индексируемых в базе данных Web of Science Core Collection, вырастет на 26 %, а их доля – от 88% (2018 г.) до 91% (2023 г.). Одновременно улучшится качественная структура публикаций: в 2023 году доля статей в журналах первого и второго квартилей составит 46% от общего числа публикаций (в 2018 г. этот показатель составил 39%).

### **Практические приложения**

Направления исследований по научно-технической программе имеют выраженную ориентацию на практические приложения результатов фундаментальных исследований. Ожидается, что основные практические результаты будут достигнуты в областях:

- развития технологии лазерной и плазменной модификации и обработки материалов;
- создания новых лазерных систем и источников сверхширокополосного СВЧ и терагерцового излучения;
- создания новых функциональных наноматериалов и кристаллов структурированных на нанометровой шкале для применения в области фотоники, лазерной физики, электроники и биомедицины;
- разработки новых принципов создания устройств спинтроники;
- развития систем и технологий квантовой криптографии;
- создания сверхбыстрых приборов и устройств, работающих на пико- субпикосекундных временных шкалах
- создания новых образцов лазерной медицинской техники;
- разработки новых методов лечения на основе технологий фотоники.

### **3.6. Потребители (заказчики) результатов исследований научно-исследовательской программы (обязательно при наличии проектов, включающих проведение поисковых и прикладных научных исследований)**

Результаты выполнения научно-исследовательской программы будут представлять интерес для следующих организаций, с которыми ИОФ РАН связывают многолетние научно-технические связи, активное текущее взаимодействие и опыт внедрения результатов фундаментальных исследований:

- ФГУП «РФЯЦ ВНИИЭФ»;
- ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им академика Е.И. Забабахина»;
- ФГУП «ВНИИА им. Н. Л. Духова»;
- МГУ им.М.В. Ломоносова;
- НИЯУ «МИФИ»;
- ПАО «Микрон»;
- АО «Ангстрем-Т»;
- Концерн ВКО «Алмаз-Антей»;
- АО «Корпорация «Комета»;
- Лыткаринский завод оптического стекла;
- НПО «Луч»;
- ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт химии и механики»;
- ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»;
- ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского»;
- ФГУП «Крыловский государственный научный центр»;



- АО «НПО «Орион»;
- НИЦ «Курчатовский институт»;
- организации Министерства обороны РФ и Федеральной службы безопасности РФ
- лечебные учреждения Министерства здравоохранения РФ.

Данные организации являются как потенциальными, так и уже реальными ключевыми заказчиками прикладных научных исследований, выполняемых в рамках программы развития института.

## **РАЗДЕЛ 4. РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ОРГАНИЗАЦИИ**

В соответствии с Постановлением Правительства РФ №377 от 29 марта 2019 г. «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации»», развитие кадрового потенциала института должно обеспечивать:

- развитие системы формирования и профессионального роста научных и инженерных кадров,
- воспроизводство и закрепление научных кадров высшей квалификации;
- сбалансированный рост числа исследователей и инженеров,
- усовершенствование механизмов обучения в аспирантуре по программам подготовки научно-педагогических кадров.

Успешное решение задач научно-исследовательской программы диктует необходимость системной работы с научными кадрами и реализации комплекса мер по развитию кадрового потенциала организации в течение всего времени действия программы развития. Комплекс мер по развитию кадрового потенциала организации включает следующие основные компоненты.

### **4.1. Развитие системы «эффективного контракта».**

В рамках развития системы «эффективного контракта» предполагается выработать систему стимулирования труда работников ИОФ РАН, наиболее эффективно учитывающую личный вклад сотрудника в выполнение программы развития и достижения целевых показателей и индикаторов. Результатом этого направления работы должно быть установление четкой связи между трудовым вкладом сотрудника института в выполнение государственного задания и его заработной платой и карьерными перспективами.

### **4.2. Совершенствование структуры института.**

Переход к работе по новым укрупненным научным темам, предусмотренным научно-исследовательской программой, ставит задачу оптимизации существующей структуры научных подразделений ИОФ РАН. Оценка эффективности работы по темам тех или иных структурных подразделений откроет возможность обоснованного изменения организационной структуры ИОФ РАН, направленного на поддержку эффективно работающих подразделений и реорганизацию тех подразделений, тематика работы которых исчерпана и не отвечает современным задачам, сформулированным в научно-исследовательской программе.

Высвобождающиеся в процессе совершенствования структуры научные и инженерно-технические кадры будут переориентированы на работу по наиболее перспективным направлениям исследований, способствуя их опережающему развитию.

### **4.3. Совместители в институте.**

В Российской Федерации состояние физической науки в целом характеризуется дефицитом научных кадров. Текущим выходом из этого положения является научная кооперация, когда к работе по научным темам и проектам привлекаются работники из других научных и образовательных организаций. Такая форма сотрудничества позволяет дополнительно усиливать потенциальные возможности института, открывая доступ к научному оборудованию, имеющемуся в распоряжении коллег. Поэтому в рамках программы развития кадрового потенциала ИОФ РАН будет максимально широко использоваться практика привлечения к работе по совместительству наиболее квалифицированных научных кадров.

### **4.4. Кадровая политика в отношении молодежи.**

Возрастная структура научных работников института требует принятия неотложных системных мер по привлечению на работу молодых сотрудников. Подготовку молодых кадров необходимо начинать со студентов и аспирантов, обучающихся в аспирантуре ИОФ РАН

и на базовых кафедрах МФТИ, МИРЭА, МИФИ, НИУ ВШЭ, РНИМУ при институте, привлекая для научного руководства ими наиболее квалифицированных научных работников института, ведущих исследования по актуальным научным темам. Приоритетным ресурсом для организации притока научной молодежи является аспирантура ИОФ РАН, важным показателем результативности работы которой является увеличения числа защит диссертаций выпускниками аспирантуры в срок. Ожидается, что к 2023 году численность обучающихся в аспирантуре ИОФ РАН достигнет 55 человек, а доля выпускников аспирантуры ИОФ РАН, защитивших свои диссертационные работы в срок, составит не менее 20%.

Для поддержки молодых кадров все аспиранты, выполняющие научные исследования в институте, независимо от их ведомственной принадлежности, будут оформлены на работу в ИОФ РАН на должности исполняющих обязанности младших научных сотрудников. Аналогичное правило (оформление на работу на должность инженеров) будет распространено на студентов, работающих над своими магистерскими диссертациями в институте. Данный порядок позволит молодому специалисту с самого начала научной карьеры оказаться частью научного коллектива института, что стимулирует выпускника аспирантуры или магистратуры сделать выбор в пользу продолжения работы в ИОФ РАН.

#### **4.5. Организация молодежных лабораторий.**

С целью привлечения молодых научных кадров к работе в институте в ИОФ РАН 29 декабря 2018 г. создана молодежная лаборатория, штатной численностью 20 человек, с ограничением по возрасту до 35 лет. Лаборатория работает по теме 14 «Квантовые материалы и технологии для фотоники». В ходе совещания «О развитии кадрового потенциала в сфере науки», состоявшегося 26.04.2019 с участием членов Правительства РФ и представителей научного сообщества, концепция развития молодежной лаборатории в ИОФ РАН, представленная ее руководителем, получила одобрение Председателя Правительства РФ Д.А. Медведева. В случае успеха этого начинания, практика создания лабораторий с преимущественно молодежным составом для работы по темам научно-исследовательской программы будет расширена и продолжена на весь период выполнения программы развития до 2023 года включительно.

#### **4.6. Дополнительные меры по развитию кадрового потенциала.**

Целью мероприятий по развитию кадрового потенциала института является создание вертикально интегрированной, управляемой из единого центра системы подготовки научных кадров в институте, включающую базовые кафедры высших учебных заведений при институте, аспирантуру и докторантуру ИОФ РАН. Система должна быть ориентирована на плавное продвижение талантливой научной молодежи в ИОФ РАН по траектории «студент – аспирант – кандидат наук – научный сотрудник на полной ставке – доктор наук». Приоритетом образовательной системы в ИОФ РАН должна быть подготовка научных кадров для нужд ИОФ РАН.

#### **4.7. Ожидаемые результаты по изменению возрастного состава научных работников в результате выполнения программы развития.**

В 2018 г. штатная численность научных работников (исследователей) составляла 591 человек, из них молодых научных работников до 39 лет 165 человек или 27,9 %, в том числе 1 доктор и 51 кандидат наук. Ожидается, что в результате выполнения программы развития доля молодежи в штате института возрастет до 50,1 %.

#### **4.8. Развитие кадрового потенциала ИТР и вспомогательного персонала.**

В организации работы по повышению кадрового потенциала ИТР и вспомогательного персонала ключевым вопросом будет смена приоритетов оценки работы инженерно-технического персонала и сотрудников общих служб (их заработной платы и премий), которая должна исходить из соответствия результатов их работы задаче обеспечения труда научных сотрудников в рамках программы развития

института. В 2019-2020 гг. должен быть проведен анализ эффективности деятельности данных категорий работников. По результатам анализа будет определен набор функций, которые институт оставляет за собой и будет развивать самостоятельно, а также определены области деятельности, которые более выгодно отдать на аутсорсинг. Высвободившиеся в результате такой работы кадровые ресурсы будут направлены на улучшение работы общих служб и наиболее полное удовлетворение потребностей научных подразделений института.

#### **4.9. Образовательная деятельность.**

Приоритетным направлением образовательной деятельности института является подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ИОФ РАН. Обучение аспирантов ведется по направлению подготовки «03.06.01 Физика и астрономия», по которому ИОФ РАН имеет лицензию на осуществление образовательной деятельности (ААА №002973, регистрационный номер 2845 от 26 апреля 2012 г.) и свидетельство о государственной аккредитации образовательной деятельности (90А01 № 0001639, регистрационный номер 1547 от 3 декабря 2015 г.). В 2018 году подготовка аспирантов велась по 4 специальностям: 01.04.21 Лазерная физика, 01.04.07 Физика конденсированного состояния, 01.04.08 Физика плазмы и 01.04.02 Теоретическая физика. По состоянию на 31.12.2018 в аспирантуре ИОФ РАН обучалось 37 аспирантов. В 2018 году состоялся первый выпуск аспирантов, прошедших обучение в аспирантуре ИОФ РАН по федеральному государственному образовательному стандарту высшего образования (ФГОС) по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия. Из 8 выпускников аспирантуры ИОФ РАН 1 выпускник защитился в срок, 3 выпускников представили диссертации к защите в течение первого года после окончания аспирантуры.

Развитие аспирантуры ИОФ РАН предполагает увеличение контрольных цифр приема аспирантов до 15 человек в год. К 2023 году планируется существенно расширить список специальностей обучения, добавив к 4 существующим специальностям 2 новые: 01.04.03 Радиофизика и 01.04.06 Акустика. Ожидается, что к 2023 году общая численность обучающихся в аспирантуре ИОФ РАН достигнет 55 человек, при этом доля выпускников аспирантуры ИОФ РАН, защитивших свои диссертационные работы в срок, составит не менее 20%, а процент выпускников, представивших диссертации к защите в специализированные советы в течение двух лет после окончания аспирантуры, превысит значение 50%.

Успешной подготовке высококвалифицированных научных кадров в аспирантуре ИОФ РАН способствует работа трех диссертационных советов по физико-математическим наукам, созданных при институте (Д 002.063.01, специальности: 01.04.06 - акустика, 01.04.21 - лазерная физика; Д 002.063.02, специальности: 01.04.21 - лазерная физика, 01.04.07 - физика конденсированного состояния, Д 002.063.03, специальности: 01.04.02 - теоретическая физика, 01.04.08 - физика плазмы, 01.04.21 - лазерная физика). Кроме того, диссертационный совет Д 002.063.02 рассматривает диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата технических наук по специальности 05.27.06 - технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники. Перечень специальностей диссертационных советов полностью соответствует списку специальностей обучения в аспирантуре ИОФ РАН, что также способствует защите диссертаций выпускниками института в срок. К 2023 году предполагается существенно обновить состав диссертационных советов за счет включения новых членов советов из числа молодых докторов, защитивших свои диссертационные работы в ходе реализации программы развития института.

Традиционное направление образовательной деятельности ИОФ РАН связано с профессиональной подготовкой студентов бакалавриата, магистратуры и специалитета на базовых кафедрах 5 ведущих российских университетов: кафедре «Лазерные системы и структурированные материалы» МФТИ, кафедре «Квантовые технологии» НИУ ВШЭ, кафедре №87: «Кафедра микро-, нано- и биотехнологий» и кафедре №69 «Кафедра физики лазерного термоядерного синтеза» НИЯУ МИФИ, кафедре «Моделирование

радиофизических процессов» РГУ МИРЭА и кафедре физики МБФ РНИМУ имени Н.И. Пирогова. В 2018 году на базовых кафедрах ИОФ РАН прошли обучение более 350 студентов, более 40 студентов подготовили выпускные квалификационные работы в научных лабораториях и отделах института. В ходе реализации программы развития институт планирует расширить взаимодействие с университетами в рамках поддержки совместных академических лабораторий в МФТИ и НИУ ВШЭ, а также путем организации совместной лаборатории в Институте физических исследований и технологий РУДН в рамках Соглашения о сотрудничестве в сфере науки и образования между ИОФ РАН и РУДН.

Новым направлением образовательной деятельности ИОФ РАН является дополнительное профессиональное образование. В 2020 году ИОФ РАН планирует получить лицензию на оказание услуг дополнительного профессионального образования по программам повышения квалификации, направленным на совершенствование/получение новых компетенций, необходимых для профессиональной деятельности, а также на повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации. Планируется, что перечень образовательных программ, составленных с учетом последних достижений института в области физики и медицины и реализуемых на базе НОЦ ИОФ РАН, будет включать курсы повышения квалификации преподавателей и педагогов образовательных учреждений физического профиля, а также сотрудников медицинских учреждений, специализирующихся на работе с высокотехнологичным медицинским оборудованием.

#### **4.10. Работа со школьниками.**

Традиционно ИОФ РАН уделяет большое внимание работе со школьниками. В 2018 году в рамках программы Правительства Москвы «Академический (научно-технологический) класс в московской школе» было реализовано два комплексных проекта в рамках мероприятий по предпрофессиональному образованию учащихся школ. В рамках мероприятия «Научно-исследовательские каникулы «От эксперимента к новым знаниям» ведущие ученые и специалисты Института в тесном взаимодействии с учителями четырех столичных школ (из числа официальных партнеров проекта) реализовали работы по четырем направлениям: «Рождение нового лазера», «Лидары: на земле, на воде и в космосе», «Астрономические измерения и наблюдения» и «Создаем нейроинтерфейс своими руками». Свои проектные работы учащиеся представили в рамках итогового мероприятия, включающего лекции ведущих ученых ИОФ РАН о современных проблемах физики, встречу с молодыми учеными Института и экскурсии в ИОФ РАН и его филиалы. Параллельно сотрудниками ИОФ РАН был реализован цикл образовательно-просветительских мероприятий «Цивилизация лазеров: XXI век», в рамках которого были организованы лекционные и лекционно-практические занятия с учащимися школ по темам: «История великих открытий», «Свойства света: теория и эксперимент», «Лазерные нанотехнологии», «Фотоника для медицины» и «Тепловое зрение». Всего в рамках проекта было проведено более 50 мероприятий, охвачено более 200 школьников из ведущих московских школ. Полученные методические разработки планируется использовать для дальнейшего развития взаимодействия со школьниками 10-11-х классов, которое поможет определиться им с выбором будущей профессии, повысить их мотивацию на получение профессий в сфере наукоемких и высокотехнологических отраслей экономики.

В программе развития ИОФ РАН особое внимание уделяется поддержке олимпиадного движения школьников. В 2019 году на базе института организована и успешно проведена секция в рамках Всероссийского форума «Шаг в будущее», на которой были заслушаны доклады школьников из России и Китая. Сотрудники ИОФ РАН традиционно участвуют в жюри Ежегодной олимпиады МФТИ «Старт в науку», а также в жюри Московской Городской открытой научно-практической конференции «Наука для жизни».

Еще одной постоянно практикуемой формой популяризации научных знаний, направлений исследований и рассказа о достижениях ИОФ РАН в данной целевой аудитории, являются экскурсии школьников в научные подразделения института с демонстрацией физических

экспериментов, например, в области физики низких температур. Такая форма взаимодействия будет продолжена и максимально расширена в 2019-2021 гг. в рамках реализации программы развития института.

#### **4.11. Основные направления развития мобильности ученых.**

Государственная программа Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», принятая постановлением Правительства РФ №377 от 29 марта 2019 г., предусматривает увеличение академической мобильности и обеспечение развития компетенций исследователей в результате такой мобильности, а также создание временных и постоянных позиций для исследователей в научных и образовательных организациях. В качестве основных мер по развитию мобильности ученых в рамках реализации задач Государственной программы в ИОФ РАН будут предусмотрены следующие мероприятия:

- 1) Направление на отечественные и международные конференции молодых научных сотрудников и аспирантов в приоритетном порядке по согласованию с руководителями научных структурных подразделений института и, при необходимости, оказание централизованной финансовой поддержки на уровне института;
- 2) Командирование научных работников института для проведения совместных исследований в отечественные и зарубежные научные организации, с которыми институт осуществляет научно-техническое сотрудничество;
- 3) Прием в институте научных работников отечественных и зарубежных научных организаций, с которыми институт осуществляет научно-техническое сотрудничество, для проведения совместных исследований;
- 4) Расширение сотрудничества с отечественными и зарубежными научными организациями для совместной подготовки и обучения аспирантов;
- 5) Участие сотрудников института в конкурсах проектов развития мобильности молодых ученых и аспирантов, организуемых отечественными и зарубежными фондами (РФФИ, фонд Александра Гумбольдта и др.).

## **РАЗДЕЛ 5. РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОРГАНИЗАЦИИ**

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

Приоритетные направления развития научно-технической инфраструктуры института, в первую очередь, определяются темами научно-исследовательской программы (Раздел 3). При разработке данной части программы развития полностью учитывались имеющийся на сегодня приборный парк и научно-исследовательская инфраструктура, необходимые для успешного выполнения научно-исследовательской программы. Ниже приводятся краткое описание имеющейся научно-исследовательской структуры института.

Научно-исследовательская инфраструктура ИОФ РАН включает комплекс научного оборудования и лабораторных помещений, позволяющих реализовать программу научных исследований по всем развиваемым в институте направлениям деятельности. По состоянию на конец 2018 года парк машин и оборудования ИОФ РАН совместно с филиалами насчитывает 5998 единиц на полную учетную стоимость более 882 000 тыс. руб., из которых 3641 единица относится к приборам, устройствам и оборудованию (приборной базе), применяемым для осуществления научных исследований и разработок (полная учетная стоимость более 754 000 тыс. руб.), и 1637 единиц относится к информационному оборудованию и вычислительной технике (полная учетная стоимость более 38 500 тыс. руб.). Несмотря на то, что стоимостная доля оборудования с возрастом, не превышающим 5 лет относительно невысока (для приборной базы и вычислительной техники она не превышает 12% и 22%, соответственно), рациональное использование имеющегося оборудования позволяет эффективно проводить работы по всем основным направлениям исследований, развивающимся в ИОФ РАН (см. Раздел 3).

В частности, имеющееся в ИОФ РАН оборудование для процессов обработки и превращения веществ и материалов включает целый ряд установок для роста лазерных кристаллов («Кристалл-3М», «Ника-3», JEBZ-3В, КПЧ-3, Сапфир 2М и прочие), которые позволяют реализовать направленный синтез перспективных материалов для фотоники (разупорядоченных шеелитоподобных двойных молибдатов и вольфраматов, монокристаллов со структурой шеелита, эвлитина, калий-вольфрамовых бронз, вольфраматов и молибдатов бария и стронция, фторидов и их твердых растворов и др. соединений). Сотрудники ИОФ РАН располагают оборудованием, позволяющим реализовать технологию легирования образцов кристаллов ZnSe двухвалентными ионами Fe<sup>2+</sup>. В институте разработаны и реализованы технологии синтеза порошков фторидов, легированных иттербием или неодимом, которые позволили получить образцы фторидной нанокерамики не уступающей, по своим функциональным характеристикам, монокристаллам. В ИОФ РАН имеется уникальное технологическое оборудование для синтеза наноматериалов на основе углерода (в частности, установка плазмохимического синтеза алмаза УПСА-100), включая возможность синтеза алмаза высокой чистоты в различных формах в СВЧ плазмы смеси метан-водород. Применение уникальных наработок позволило создать новые классы люминесцирующих композитных наноматериалов – «алмаз – мезопористый оксид кремния» и наноалмаз декорированный углеродными точками. Сотрудниками ИОФ РАН разработаны методики объемной лазерной модификации алмаза с созданием графитизированных микроструктур различной морфологии. В ИОФ РАН имеется оборудование, позволяющее реализовать технологию изготовления алмазных дифракционных оптических элементов для CO<sub>2</sub> лазеров и мощных источников ТГц излучения методом лазерной абляции. Научно-исследовательский нанотехнологический комплекс "Riber SSC2" на основе свехвысоковакуумного центра для исследования поверхности позволяет исследовать процессы формирования и роста многослойных массивов нанокластеров Ge/Si(001) методом сверхвысоковакуумной молекулярно-лучевой эпитаксии. ИОФ РАН также располагает двухкамерной установкой KSV-5000 для нанесения ленгмюровских органических и биологических монослоев.

Заметную долю оборудования для изучения и измерения свойств веществ и материалов составляют лазеры и лазерные системы, среди которых следует отметить пикосекундные и фемтосекундные лазеры моделей EFOA-SH, ЛФПК-11.00, LS-2134-LT40, SAPPHIRE SF 532, импульсные Nd:YAG лазеры моделей LQ115, СПИК-3, ЛТИПЧ-5, импульсно-периодический тераваттный фемтосекундный лазер, импульсный HF лазер и импульсные CO<sub>2</sub>-лазеры TC 300 и TC 50, а также эрбиевые и иттербиевые волоконные лазеры. В работах по темам НИР ИОФ РАН задействованы лазерные системы Empower-15, Empower-30, Millenia PRO 5S, Tsunami 3941-M1S, Spitfire PROFPM-1K, Spitfire PRO 35F-XP, TP-THG-FHG-F/P, OPA-800CUFS-1, GLX200, лазерная приставка на красителе Coherent 599-01и прочие. Список приборов для регистрации спектральных характеристик излучения включает спектрометры Solar ТП MS2004i, Lambda 950, РОМАНОР С-3000, Nicolet 6700 FTIR, монохроматор Jobin-Yvon U1000, а также стенд для измерения спектральной зависимости чувствительности элементов матричных фотодетекторов. Для анализа структуры поверхности используются различные оптические микроскопы, включая лазерный микроскоп на парах меди для наблюдения структуры и свойств поверхности в процессе роста алмазных пленок в условиях плазменной засветки, лазерный сканирующий микроскоп LSM-710-NLO Carl Zeiss в комплексе с многофотонным фемтосекундным перестраиваемым лазером Chameleon Ultra II Coherent и др. В распоряжении сотрудников ИОФ РАН имеется конфокальный рамановский микроспектрометр Horiba Labram HREVO-UV-VIS-NIR. В ИОФ РАН активно применяются традиционные и новые методы терагерцовой диэлектрической спектроскопии с использованием ламп обратной волны и источников ультракоротких импульсов для спектроскопии с временным разрешением. В свою очередь, в перечень оборудования для исследования биологических объектов входят лазеры на парах меди, золота, марганца с излучением в видимом и ближнем ИК диапазонах, многоугловой спектрометр динамического рассеяния света Photocor Complex, лазерную электронно-спектральную установку для флуоресцентной диагностики опухолей и контроля фотодинамической терапии ЛЭСА-01, а также спектрофлуориметр NANOLOG -"Биоспек" для исследования биологических объектов и USB-микроскоп «Биомед-1».

В особую группу выделяется криогенное оборудование для научных исследований, основная часть которого группируется вокруг гелиевого оживителя Sulzer TCF-20, обеспечивающего бесперебойное снабжение жидким гелием пользователей – сотрудников ИОФ РАН с 1996 года. В список важнейших экспериментальных криогенных установок входят высокочувствительный СКВИД-магнитометр MPMS-5B, микроволновой магнитооптический спектрометр, сверхпроводящий соленоид с криостатом для микроволновых исследований с полем 14 Тл и установка для гальваномагнитных исследований металлов и полупроводников. Дополнительные возможности для работы с различными биологическими объектами предоставляет криостат с соленоидом из сплава Nb-Ti с теплым полем 8 Тл и криокулером.

Перечень оборудования для исследования структуры и состава веществ и материалов включает в себя набор установок для рентгеноструктурного и рентгенофазового анализа (рентгеновские дифрактометры D8 DISCOVER A25, ДРОН-4-03 и URD-63), а также установку для рентгеноспектрального микроанализа и сканирующей электронной микроскопии Camebax-SX-50 и рентгеновский аппарат УРТ-1 с фоторегистрацией для топографических исследований. Уникальные возможности исследования наноструктур предоставляет просвечивающий электронный микроскоп LIBRA 200EF в комплекте с установкой ионного травления GATAN 600. Анализ поверхности исследуемых объектов проводится при помощи атомно-силового микроскопа NT-MDT Solver BL022, сканирующего зондового микроскопа Solver P47, сканирующего туннельно-эмиссионного микроскопа и зондовых нанолабораторий Ntegra Spectra M и Ntegra Spectra SNOM. Для тестирования различных нано- и микроструктур применяются установка комплексного исследования механических свойств «NANOTEST» и система для исследования свойств полупроводниковых и диэлектрических материалов ASEC-03. Особого упоминания заслуживает уникальное оборудование, включающее набор сверхвысоковакуумных сканирующих зондовых микроскопов, позволяющих не только проводить измерения с атомной точностью, но и технологически воздействовать на поверхности металлов и полупроводников. Набор



сверхвысоковакуумного оборудования включает четырехкамерную установку на базе RIBER LAS-600 (с электронным спектрометром RIBER OPC 103, квадрупольным масс-спектрометром RIBER QM17, трехсеточным дифрактометром медленных электронов VG-640RVL и сканирующим туннельным микроскопом GPI-300), низкотемпературный сканирующий туннельный микроскоп GPI CRYO для исследования поверхности в диапазоне температур 5-300 К (с ионным источником, дифрактометром медленных электронов VG, масс-спектрометром QM-17 RIBER и оже-спектрометром RIBER OPC-105), а также четырехкамерную установку с электронным спектрометром RIBER OPC 200, квадрупольным масс-спектрометром RIBER Q156, трехсеточным дифрактометром медленных электронов и сканирующим туннельным микроскопом GPI-300.

Переходя к специализированному и уникальному оборудованию, следует выделить единственный в настоящее время российский стелларатор Л-2М, в котором реализованы методы создания и удержания высокотемпературной плазмы с электронной температурой до 1 кэВ и концентрацией заряженных частиц до  $2,5 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$ . Именно на этой установке в последние годы был достигнут значительный прогресс не только в достижении максимальных параметров плазмы в системах стеллараторного типа, но и в изучении процессов микротурбулентности высокотемпературной плазмы накладывающих ограничения на получение предельных параметров. В ИОФ РАН успешно работает экспериментальный стенд по исследованию плазменного релятивистского СВЧ усилителя. Сотрудниками института разработана технологическая цепочка по изготовлению время анализирующих электронно-оптических преобразователей, электронных пушек, дифрактометров и диссекторов с пико- и субпикосекундным временным разрешением. К особым достижениям ИОФ РАН следует отнести и разработку прототипов автономных донных станций с вертикальными линейными антеннами, предназначенными для акустического мониторинга на арктическом шельфе.

В списке разработок, связанных с использованием вычислительной техники, следует отметить программный продукт ММ ЛС «Френель», основу которого составляют оригинальные алгоритмы расчета распространения лазерного излучения на адаптивной сетке; микромагнитный пакет SpinPM, позволяющий моделировать динамику намагниченности в многослойных спинтронных структурах различной геометрии, в том числе с учетом спиновых токов; уникальные пакеты прикладных программ ELIM\DYNAMICS и MASIM 3D, предназначенные для математического моделирования широкого класса фотоэмиссионных изображающих систем, а также набор программ для обработки временных рядов и получения спектральных характеристик в результате Фурье и вейвлет анализа при анализе процессов генерации СВЧ импульсов гигаваттного уровня.

Дополнительные возможности для расширения научного взаимодействия со сторонними организациями и предоставления доступа к уникальным установкам ИОФ РАН предоставляет Центр коллективного пользования «Технологический и диагностический центр для производства, исследования и аттестации микро- и наноструктур». Комплекс оборудования ЦКП включает рентгеновский дифрактометр общего назначения Bruker D8 Discover A25 DaVinci Design (Bruker, Германия), модуляционный интерференционный микроскоп МИМ 321 (Амфора, Россия), атомно силовой микроскоп NPX 200 (Seiko, Япония), научно-исследовательский нанотехнологический комплекс "Riber SSC2" на основе сверхвысоко-вакуумного центра для исследования поверхности (Франция), просвечивающий электронный микроскоп LIBRA 200 FE HR и лазерный сканирующий конфокальный микроскоп LSM-710-NLO (Carl Zeiss, Германия), сверхвысоковакуумный сканирующий туннельный микроскоп GPI CRYO (НПФ СИГМА СКАН, Россия), приставку для микроанализа Ультратом Leica EM UC7, универсальную систему для механической подготовки поверхности Leica EM TXP и систему трехлучевого ионного травления материалов на большую глубину Leica EM TIC020 (Leica, Австрия), ионную мельницу Fischione 1010 Ion Mill (Fischione, США), а также ультразвуковой вырезатель дисков фирмы GATAN (США), стенд для измерения спектральной зависимости чувствительности элементов матричных ИК

фотодетекторов Спектр-М и установку измерения параметров элементов матричных ИК фотодетекторов Фотодетектор-М1 (ИОФ РАН, Россия). По данным 2018 года доля внешних пользователей машин и оборудования, входящих в приборный парк ЦКП ИОФ РАН, в общем количестве пользователей превысила 36%.

В заключение отметим, что успешное использование оборудования ИОФ РАН обеспечивается существующей инфраструктурой, включающей комплекс зданий и сооружений института с необходимыми инженерными коммуникациями, поддерживаемой инженерно-техническими работниками и вспомогательным персоналом.

Как следует из приведенного описания, имеющееся в институте научное оборудование с достаточной полнотой соответствует научно-исследовательской программе (Раздел 3) и позволяет обеспечить ее успешную реализацию.

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

Направления развития научной инфраструктуры для проведения фундаментальных исследований, соответствующей современным принципам организации научной деятельности и направления развития научно-технической инфраструктуры для создания разработок, соответствующей лучшим российским и мировым практикам определяются приоритетными направлениями научно-исследовательской программы (раздел 3). Несмотря на хорошее обеспечение оборудованием для решения задач научно-исследовательской программы, перед институтом стоит задача повышение производительности научного труда и эффективности проводимых исследований, что требует развития научно-исследовательской инфраструктуры и обновления приборного парка. При этом основные направления развития научно-исследовательской инфраструктуры ИОФ РАН определяются необходимостью:

- обеспечения передового уровня фундаментальных и прикладных исследований (в том числе - междисциплинарных) по актуальным направлениям физики и смежных наук, реализуемых в ИОФ РАН,
- создания условий для появления и динамичного развития научных групп и лабораторий мирового уровня, включая молодежные коллективы,
- расширения возможностей использования дорогостоящего и уникального научного оборудования, в том числе – сотрудниками сторонних научных и образовательных организаций,
- обеспечения эффективной интеграции с научными и производственными организациями для коммерциализации результатов научных исследований.

Ключевая роль в программе отводится задаче обновления приборной базы ИОФ РАН в объеме не менее 50% от балансовой стоимости имеющегося научного оборудования. При определении приоритетности закупок нового оборудования для научных групп и лабораторий ИОФ РАН будут использоваться следующие критерии:

- 1) степень соответствия тематики приоритетам, указанным в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации,
- 2) оценка научного уровня исследований, реализуемых в данном направлении,
- 3) наличие высококвалифицированных научных кадров и приборной базы, необходимой для эффективного использования оборудования,

- 4) степень вовлечения в исследования студентов, аспирантов и молодых ученых,
- 5) текущие и планируемые показатели публикационной активности, включая публикации в высокорейтинговых журналах квартилей Q1 и Q2,
- 6) степень и сроки достижения качественного роста результативности научных исследований в данном направлении (для прикладных исследований – с оценкой перспективы коммерциализации результатов работ).

Предварительный перечень актуальных научных направлений в рамках научно-технической программы, требующих первоочередного перевооружения приборной базы, включает:

- исследования свойств квантовых материалов в экстремальных условиях (сильные магнитные поля, низкие и сверхнизкие температуры), планируется закупка комплекта для измерения транспортных, магнитных и тепловых свойств материалов Quantum Design PPMS-16 (магнитные поля до 16Тл, температуры до 0,4 К), криомагнитной системы РТИ теплового поля (магнитное поле до 8Т), компрессор закачной гелиевой CompAir Reveall 5407, гелиевый сосуд для жидкого гелия (серия CMSH, объем 60л), рефрижератор Cambridge mFridge mf-ADR/50 (измерения физических свойств материалов при сверхнизких температурах до 50 мК);
- оптимизацию процессов ростов лазерных кристаллов с изучением оптических характеристик при высоких температурах (до 2000 °С) (закупка лазерных, оптических и механических систем для роста монокристаллических волокон);
- синтез порошков, монокристаллов, керамик и пленок фторидов (приобретение установки горячего прессования АРЕКС, установки для выращивания искусственных кристаллов АРЕКС, установки для исследования фазовых равновесий АРЕКС);
- создание мощных лазеров (приобретение полупроводниковых диодов и матриц накачки, оптических систем),
- исследования новых материалов для лазеров среднего ИК диапазона длин волн (необходимо приобрести некогерентный источник излучения Thorlabs (Stabilized Tungsten IR Light Source, 450 - 5500 nm, Ø100 µm Core, 0.26 NA InF3 MIR Patch Cable, Collimation Package for Stabilized Light Source SLS202C, скоростные детекторы на основе КРТ (типа Vigo), приставку ПГС фирмы "Солар" для генерации коротких (наносекундных) импульсов возбуждения в диапазоне 2-4 мкм, безмасляный вакуумный пост, спектрофотометр с волоконным вводом для мгновенного измерения спектров в диапазоне 900-2300 нм высокого разрешения RED-Wave-NIRX-SR (StellarNet), измеритель болометрический профиля лазерного пучка Spiricon),
- изучение процессов филаментации фемтосекундного лазерного излучения в плазме (требуется приобретение лазерной системы Coherent LegendElite Duo HE+ USX-1k- II, 10 мДж, 25 фс);
- разработку малогабаритной системы построения изображений в терагерцовом диапазоне частот (закупка фемтосекундного волоконного лазера Menlo Systems ELMO/C-Fiber/T-Light, терагерцовых волоконных антенн TERA 15-TX-FC и TERA 15-RX-FC, терагерцового волоконного спектрометра Menlo Systems TERA K15);
- разработку генераторов сверхширокополосного электромагнитного излучения и генерация ультракоротких импульсов (необходимо приобрести осциллограф Tektronix DPO72304DX, полоса пропускания 23 ГГц, время нарастания (10-90%) 17 пс, осциллограф LeCroy SDA 825Zi-B, полоса пропускания 25 ГГц, время нарастания (10-90%) 17.5 пс, стробоскопический осциллограф PicoScope 9341-25 разработку новых методов генерации ультракоротких импульсов (закупка волоконных лазеров диапазона длин волн 1-1,5-2 мкм, лазеров на кристаллических волокнах диапазона длин волн 1-1,5 мкм, волноводных лазеров диапазона длин волн 1-1,5 мкм);

- разработку алмазных компонентов для изготовления устройств СВЧ-электроники, оптики, детекторов ионизирующих излучений и частиц (планируется приобретение фемтосекундной параметрической системы Light Conversion Pharos SP+Orpheus, Pump-Probe Spectrometer Light Conversion Harpia, Fluorescence Upconversion & Time-Correlated Single Photon Counting Spectrometer Light Conversion Chimera, анализатора оптического спектра YOKOGAWA AQ6370D / Anritsu MS9740A / Bristol 771, пикосекундного лазера Ekspla (энергия до 5 мДж, длительность импульса 80 пс на частоте до 1 кГц));
- создание сверхбыстрых насыщающихся поглотителей, низкополевых эмиттеров электронов и проводящих прозрачных электродов для солнечных элементов на основе углеродных наноматериалов (необходимо приобрести термогравиметр фирмы Netzsch, фильтры рамановского микроспектрометра HORIBA LabRAM HR Evo с возбуждением He-Cd лазером, систему измерения параметров полупроводников Keithley 4200A-SCS);
- разработку платформы для квантовых вычислений и квантовой криптографии (планируется приобретение сверхвысоковакуумной электронной колонна «e-CLIPSE Plus SEM» (Orsay Physics), модуля эпитаксии кремния SUSI 63 (Dr. Eberl MBE-Komponenten), квадрупольного масс-спектрометра Extrel MAX CS (0-1000 a.e.) (Henniker Scientific), сверхвысоковакуумного сканирующего туннельного микроскопа с переменной температурой ЗАО НПФ «Сигма Скан», дифрактометра медленных электронов (Omicron Nanoscience), вакуумных и электронных компонент).
- разработка моделей гетерогенного катализа (необходимо приобрести ИК- лазеры диапазона длин волн 1.35-7.8 мкм Nanoplus и Laser Component, приемники излучения 1.0- 10.0 мкм Hamamatsu, сверхвысоковакуумные шибберные затворы CF63, VAT сверхвысоковакуумные шибберные затворы CF40, VAT, лампы для вакууметра Байарда-Альпера до давление  $10^{-12}$  торр, сильфонную подвижку (400 мм) VAB Vakuum, монокристаллы серебра, монокристалл NiAl(111)).

Приоритетным направлением реализации программы обновления приборной базы ИОФ РАН является расширение возможностей Центра коллективного пользования «Технологический и диагностический центр для производства, исследования и аттестации микро и наноструктур», в состав которого входит ряд современных исследовательских комплексов в области нанотехнологий (сверхвысоковакуумная сканирующая туннельная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, оборудование для исследования рельефа поверхности, фазового портрета микрообъекта, роста и формирования различных наноструктур и пр.). Набор экспериментальных установок центра, полностью отвечающих мировым стандартам по техническим и эксплуатационным характеристикам приборного состава, предполагается расширить за счет приобретения уникального научного оборудования для исследования процессов сверхбыстрой динамики в новых материалах (фемтосекундная лазерная система Coherent LegendElite Duo HE+ USX-1k-II (10 мДж, 25 фс), широкополосный осциллограф реального времени LeCroy SDA 825Zi-B 2.3 и фемтосекундная параметрическая система Light Conversion Pharos+Orpheus), для исследования и аттестации микро- и наноструктур в экстремальных условиях (комплекс для измерения транспортных, магнитных и тепловых свойств материалов Quantum Design PPMS-14 с магнитным полем до 14 Тл и температурами до 0,05 К), а также для плазмохимического синтеза нанокристаллических алмазных материалов (установка CYRANNUS®-16 Plasma System). Список приоритетного аналитического оборудования, требующего первоочередного приобретения, включает рамановский микроскоп «inVia Reflex» (Renishaw plc., Великобритания).

В программе развития научно-исследовательской инфраструктуры ИОФ РАН особое место уделяется модернизации имеющегося научного оборудования для улучшения его эксплуатационных характеристик и, как следствие, для увеличения эффективности его использования в научных исследованиях. В частности, для одной из ключевых установок ЦКП ИОФ РАН – просвечивающего электронного

микроскопа LIBRA 200 FE HR – планируется приобрести безазотный EDS спектрометр и программное обеспечение для высокочувствительного элементного анализа с возможностью картирования распределения элементов на поверхности исследуемых образцов. На электронном микроскопе также планируется провести регламентную замену вышедших из строя и отработавших свой ресурс дорогостоящих узлов, включая плату управления токами линз, полевой катод, гетероионный и турбомолекулярный насосы, а также источник бесперебойного питания на 40 кВт. Количество жидкого гелия, производимого гелиевым ожижителем Zultser TCF-20 для обеспечения работы криогенных экспериментальных установок, удастся существенно увеличить с приобретением закачного гелиевого компрессора CompAir Reveall 5407 взамен отработавшего свой ресурс штатного компрессора. Кроме того, замена закачного компрессора позволит снизить потери газа при циклах повторного ожижения гелия и уменьшить сопутствующие расходы на закупку газообразного гелия для проведения криогенных экспериментов.

Дополнительным критерием приобретения научного оборудования является создание и аттестация уникальных научных установок. Несмотря на то, что в последние годы аттестация установок ИОФ РАН на статус уникальных не проводилась, еще в начале 2009 года в институте функционировали 4 уникальные крупномасштабные научные и научно-технологические установки, включающие установки «Стелларатор Л-2М» (исследование физических процессов в плазме для управляемого термоядерного синтеза), «Плазменный релятивистский СВЧ генератор» (генерация СВЧ импульсов гигаваттного уровня), ВЧ установка для выращивания крупногабаритных кристаллов на основе диоксида циркония мощностью 700 кВт (рост крупных кристаллов стабилизированного диоксида циркония методом направленной кристаллизации в холодном тигле) и сверхвысоковакуумный низкотемпературный сканирующий туннельный микроскоп (изучение поверхностных процессов на атомном уровне и развитие технологий атомного конструирования).

При реализации программы этим установкам планируется вернуть статус уникальных и дополнить его четырьмя новыми уникальными установками:

«ДиодПлюс» - установка для исследования процессов генерации высокоомощного непрерывного лазерного излучения твердотельными лазерами с диодной накачкой и исследования процессов взаимодействия высокоомощного непрерывного лазерного излучения с конденсированными средами и конструкционными материалами;

«ТераФем» - установка для исследования процессов генерации и процессов взаимодействия высокоинтенсивного терагерцового излучения с конденсированными средами, газами и плазмой;

«ФемтоСкан» - установка для исследования процессов взаимодействия высокоинтенсивного фемтосекундного лазерного излучения с конденсированными средами, газами и плазмой;

«Микроволновой магниторезонансный спектрометр» - установка для исследования магнитных резонансов в сильно коррелированных электронных системах при криогенных температурах до 1,5 К в магнитном поле до 8 Тл.

Оценка стоимости реализации программы развития приборной базы ИОФ РАН, основанная на показателях возрастной структуры и техническом уровне научного оборудования ИОФ РАН и планах приобретения научных приборов на 2019-2023 годы, составляет сумму не менее 367 700 тыс. руб. (исходя из расчетного объема финансирования 73 551,73 тыс. руб. ежегодно в течение 5 лет).

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

### **6.1. Основные мероприятия по развитию системы научной коммуникации и популяризации результатов исследований.**

Развитие системы научной коммуникации предполагает адресацию соответствующих мероприятий нескольким целевым аудиториям.

#### **Профессиональные ученые.**

1) Развитие и расширение тематики издаваемого ИОФ РАН журнала «Физика волновых явлений» (переводится на английский язык под названием Physics of Wave Phenomena), имеющего квартиль Q4. Планируется расширение состава редколлегии с привлечением иностранных ученых, пользующихся мировой известностью и усиление редакционных требований к отбору статей в части новизны и актуальности.

2) Поддержка на постоянной основе программных и организационных комитетов конференций, организуемых ИОФ РАН. В настоящее время список конференций включает:

- Международную конференцию по передовым лазерным технологиям (ALT'19),
- Международную конференцию по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу,
- Международное совещание по физике лазеров (LPHYS'19),
- Международное совещание «Сложные системы заряженных частиц и их взаимодействие с электромагнитным излучением»,
- Российскую школу по квантовым технологиям,
- Школу-конференцию молодых ученых «Прохоровские недели».

3) Организация новых научных конференций. В октябре-ноябре 2019 г. ИОФ РАН совместно с ИФВД РАН планирует организовать новую конференцию «Квантовые материалы и технологии на нанометровой шкале».

#### **Научная молодежь, студенты и аспиранты.**

1) Организация регулярной школы-конференции молодых ученых «Прохоровские недели». Данное научное мероприятие было впервые проведено в ИОФ РАН в 2018 г. и собрало около ста участников (молодые ученые, аспиранты и студенты из ИОФ РАН, различных институтов и вузов Москвы). Задачей конференции был полный охват тематик исследований, представленных в ИОФ РАН. На открытии каждого дня заседаний с лекциями выступали ведущие ученые мирового уровня. Достаточно упомянуть профессора К.С.Торна, лауреата Нобелевской премии по физике за открытие гравитационных волн, выступившего с приветственным словом при открытии конференции.

2) Создание в 2019 г. специального рабочего еженедельного семинара в рамках работы молодежной лаборатории «Квантовые материалы и технологии для фотоники». Задачей этого научного мероприятия является объединение и обмен идеями молодых ученых в рамках организации междисциплинарных научных исследований.

### **6.2. Дополнительные мероприятия по развитию системы научной коммуникации и популяризации результатов исследований.**

Необходимо на регулярной основе информировать профессиональное сообщество и всех интересующихся наукой о научных результатах полученных сотрудниками нашего института. Для этого будет создан новый сайт ИОФ РАН (IV квартал 2019 г.) и будет организована группа по связям с общественностью (II квартал 2020 г.). Одновременно с началом полноценной работы нового сайта института будут запущены страницы ИОФ РАН в социальных сетях. На протяжении всего времени действия программы развития будут

издаваться информационные листки и буклеты, освещающие научные мероприятия проводимые ИОФ РАН и информирующие о научных достижениях института.

Важным направлением деятельности по развитию научных коммуникаций являются публичные лекции ученых института, которые планируется проводить в дополнение к лекциям для школьников в рамках программы «Академический класс». Так, в 2018 году в рамках программы Россотрудничества был реализован проект «Русская научная гуманитарная экспедиция» при участии сотрудников ИОФ РАН. Представляется целесообразным продолжить эту практику чтения лекций ведущими учеными ИОФ РАН в рамках реализации программы развития.

### **6.3. Экспертная деятельность.**

Программа развития института призвана расширить использование экспертного потенциала организации. В настоящее время в ИОФ РАН работают 8 сертифицированных экспертов Российской академии наук, значительное число сотрудников института участвуют в качестве экспертов в работе отечественных и зарубежных научных фондов (РНФ, РФФИ, комиссии ЕС и др.), а также выступают как эксперты Отделения физических наук РАН. Институт проводит регулярные экспертизы по запросам государственных органов Российской Федерации в областях своей компетенции. Учитывая, что закрепленная последними нормативными документами экспертная функция РАН будет расширяться, программа развития института предусматривает увеличение объема экспертной деятельности сотрудников. С этой целью будут применяться дополнительные меры материального стимулирования (премирования) за подготовку значимых экспертных заключений и организационные меры по созданию комиссий, состоящих из ведущих ученых готовящих экспертные заключения по наиболее сложным вопросам, требующим углубленного и (или) комплексного анализа.

## РАЗДЕЛ 7. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ

Совершенствование системы управления ИОФ РАН осуществляется на основе следующих общих принципов:

- система управления должна обеспечивать четкую и прозрачную связь между результатами труда научного работника, его вкладом в выполнение государственного задания, и его заработной платой.
- в ИОФ РАН должны быть обеспечены возможности кадрового роста и уважение ко всем участникам исследовательского процесса, от безусловных лидеров до вспомогательного персонала;
- приоритетом научной и организационной деятельности ИОФ РАН является фундаментальная наука, поскольку именно она рождает прорывные новые направления исследований и новые технологии. Фундаментальная наука может развиваться только при гарантии академических свобод, обеспечивающих самостоятельный выбор учеными и научными коллективами направлений и методов исследования;
- работа с молодежью должна осуществляться в интересах науки и научного образования, без дискриминационных ограничений и искусственных схем;
- в руководстве и Ученом Совете ИОФ РАН должны быть представлены и наделены необходимыми полномочиями все значительные направления и научные школы;

### 7.1. Повышение роли Ученого Совета в управлении институтом.

В Ученый Совет должны входить пользующиеся признанием активно действующие ученые, чья научная квалификация подтверждается, в том числе, объективными наукометрическими показателями. Члены Ученого Совета должны выработать рекомендации для Дирекции по общим и конкретным вопросам кадровой политики и кадрового роста сотрудников, проводить оценку деятельности научных подразделений, готовить предложения по развитию научных исследований, разрабатывать стратегию образовательной деятельности, определять направления подготовки студентов и аспирантов, а также разрабатывать образовательные программы.

С этой целью в 2019 году будет осуществлен переход к работе ученого совета института по новой схеме. Помимо проведения традиционных заседаний, для реализации своих функций Ученый Совет института формирует из своего состава постоянно действующие комиссии, в том числе:

- Комиссию по развитию, к компетенции которой относится выработка предложений по в институте развитию научных направлений. Комиссия анализирует и оценивает отчеты научных отделов института, вносит предложения по представлению отчетов научных отделов и центров на заседании Ученый Совет института. Комиссия по развитию выработывает предложения по совершенствованию организационной структуры Института, в том числе предложения по образованию новых структурных подразделений, ликвидации/реорганизации существующих структурных подразделений.
- Кадровую комиссию, дающую рекомендации по занятию научными работниками должностей, в том числе должностей руководителей отделов, лабораторий и иных научных структурных подразделений. В задачи кадровой комиссии входят рассмотрение переходов научных работников из одного структурного подразделения в другое и выработка соответствующих рекомендаций. К компетенции кадровой комиссии относятся также разработка и контроль исполнения кадровой политики института, составной частью которой являются привлечение к научной деятельности молодых ученых и специалистов, становление и сохранение научных школ.



- Комиссию по образовательной деятельности, в задачу которой входит анализ и контроль образовательной деятельности в Институте. Работа комиссии по образовательной деятельности включает выработку предложений по организации образовательного процесса в аспирантуре, на базовых кафедрах и в научно-образовательном центре Института, а также анализ, разработку и совершенствование методических документов, необходимых для обеспечения образовательного процесса в институте.

### **7.2. Новое положение об оплате труда.**

С целью концентрации усилий научных работников на выполнении государственного задания и настоящей программы развития института, необходимо создание четкого и единообразно применяемого алгоритма оценки деятельности научных работников. Этот алгоритм должен учитывать специфику конкретной научной работы, характер научных достижений и результатов и их влияние на научное сообщество, наукометрические показатели, участие в проектах, грантах, госконтрактах и хозяйственных договорах. Практической реализацией такого алгоритма будет новое положение об оплате труда ИОФ РАН, которое должно быть разработано и введено в действие в конце II – начале III квартала 2019 г. Новое положение об оплате труда создаст новые возможности при заключении эффективных контрактов с сотрудниками института.

Помимо определения заработной платы научных работников, результаты оценки будут использоваться для решения вопросов об их кадровом росте, а также для направления дополнительного финансирования в наиболее перспективные области исследований в рамках принятой научно-исследовательской программы института.

### **7.3. Изменение функционала сектора оценки и развития.**

С целью концентрации усилий научных сотрудников на выполнении государственного задания, повышения качества научных исследований и эффективности труда научных сотрудников в 2018 г. при директоре ИОФ РАН был создан сектор оценки и развития. Задачами сектора при его создании были определены: (1) анализ публикационной активности научных работников института, и (2) оценка результатов деятельности научных работников на основании наукометрических показателей. Такую оценку предполагалось использовать для осуществления выплат стимулирующего характера, заключения эффективных контрактов, аттестации научных кадров и занятия научных и научно-административных должностей. До настоящего времени данные сектора оценки и развития использовались руководством института, в основном, для определения размера стимулирующих выплат, согласно действующему положению об оплате труда. В 2019 г. в рамках программы развития института перед сектором ставится задача оценки научных работников в рамках развития кадрового потенциала организации. До конца 2019 г. работа сектора оценки и развития должна стать составной частью новой единой системы аттестации и назначения на должности научных работников (см. ниже п. 7.4). Кроме того к ведению сектора будет отнесен сайт ИОФ РАН и в состав сектора войдет группа по связям с общественностью.

### **7.4. Новая организация работы с научными кадрами в институте.**

Меры по развитию кадрового потенциала института, в особенности научного кадрового потенциала, требуют нового подхода к назначению на научные должности и должности руководителей научных отделов и лабораторий. Согласно действующему порядку, избрание на соответствующие должности является прерогативой конкурсной комиссии института. В рамках реорганизации этого процесса, начиная с 2019 г., кандидатура соискателя будет вначале проанализирована сектором оценки и развития. Объективная информация, полученная сектором, будет предоставлена кадровой комиссии Ученого Совета, которая по результатам рассмотрения кандидатуры выработает рекомендацию для конкурсной комиссии института, которая принимает официальное решение об избрании на должность. Таким образом, будет реализована процедура всестороннего анализа претендентов на научные и руководящие должности с использованием объективной

информации о научном потенциале соискателя. Данная схема позволит исключить избрание по конкурсу заведомо слабых кандидатур, не удовлетворяющих принятым в институте критериям, для занятия тех или иных должностей, и, тем самым, позволит улучшить качество научных кадров, работающих в институте.

Новая система назначения на должности научных работников ставит перед институтом новые задачи. Первоочередной задачей, которая должна быть решена не позднее III квартала 2019 г., является переход отдела кадров на учет сотрудников с помощью электронной базы данных, интегрированной с базами данных бухгалтерии, планового отдела и сектора оценки развития.

#### **7.5. Повышение культуры делопроизводства в институте.**

В рамках задачи повышение культуры делопроизводства и организационной культуры, в институте до конца 2020 г. должен произойти переход от рассылки бумажных документов к информированию подразделений и сотрудников института с помощью электронных рассылок приказов и распоряжений, отпусках и командировках руководителей и назначении временно исполняющих обязанности. Ко II кварталу 2020 г. планируется перейти на электронный документооборот внутри аппарата управления институтом. К III кварталу 2021 г. будет завершено создание единой защищенной компьютерной сети института, которое позволит полностью перейти на электронный документооборот с четким разграничением зон ответственности в области подготовки документов и документооборота между научными отделами, общими службами и администрацией института.

#### **7.6. Взаимодействие дирекции, научных отделов и научных подразделений института.**

На весь период действия программы развития (2019-2023 г.) будет происходить постоянное взаимодействие между дирекцией и научными подразделениями института в форме регулярных производственных совещаний.

#### **7.7. Повышение инвестиционной привлекательности сферы исследований и разработок института.**

Задача повышения востребованности исследований и разработок ИОФ РАН является одним из приоритетов программы развития, основанном на успешном выполнении научно-исследовательской программы (раздел 3). При этом реализация плана исследований и разработок должна подкрепляться организационными мерами. С этой целью программа развития предусматривает:

- создание международного отдела, в задачу которого входит организация взаимодействия с зарубежными партнерами и потенциальными заказчиками (2019 г.);
- поддержку малых предприятий, работающих на внедрение и коммерциализацию научных разработок института во время всего периода действия программы развития;
- создание в дирекции института должности заместителя директора института, отвечающего за коммерциализацию результатов научных исследований и разработок (2020 г.).

## **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**

Программа развития Института общей физики им. А.М.Прохорова РАН призвана обеспечить активное участие в выполнении мероприятий и достижении результатов и значений целевых показателей нескольких федеральных проектов, являющихся составными частями национального проекта «Наука».

**1. Федеральный проект №2 «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации»** (сроки реализации 1.10.2018 г.-31.12.2024 г.).

В рамках Задачи 1 **«Обновление не менее 50 процентов приборной базы, выполняющих научные исследования и разработки»** в соответствии с

пунктом 1.3 – к 2023 г. обновить не менее 40 % приборной базы, к 2024 г. довести показатель до значения не менее 50 %;

пунктом 1.5 – к 2023 г. увеличить количество статей в изданиях, индексируемых в международных базах данных, не менее чем на 30 % (по отношению к значению показателя за 2017 г.);

пунктом 1.6 – к 2023 г. увеличить долю внешних заказов, услуг и работ Центра коллективного пользования ИОФ РАН не менее чем на 50 %

В рамках Задачи 2 **«Развитие передовой инфраструктуры научных исследований и разработок, инновационной деятельности, включая создание и развитие сети уникальных установок класса «мегасайенс»**, в соответствии с пунктом 2.18, в 2023 г. планируется увеличить количество статей по приоритетам научно-технологического развития в журналах первого и второго квартиля, индексируемых в международных базах данных, выполненных с использованием передовой инфраструктуры научных исследований и разработок, более чем в 1,4 раза по отношению к 2018 г. (от 39% до 46% от общего числа публикаций).

**2. Федеральный проект №3 «Развитие кадрового потенциала в сфере исследований и разработок»** (сроки реализации 1.10.2018 г.-31.12.2024 г.).

Задача 1: **«Формирование целостной системы подготовки и профессионального роста научных и научно-педагогических кадров, обеспечивающей условия для осуществления молодыми учеными научных исследований и разработок, создания научных лабораторий и конкурентоспособных коллективов»**.

С целью выполнения индикаторов и показателей Задачи 1 в соответствии с:

пунктом 1.1 - предусматривается рост числа аспирантов - получателей специальной грантовой поддержки выполняемого научного или научно-технического проекта в 2023 г. в 4 раза по отношению к 2019 г.;

пунктом 1.2 - планируется рост числа проектов по приоритетам научно-технологического развития в 2023 г. в 1.4 раза по отношению к 2019 г., из которых не менее 50% под руководством молодых исследователей;

пунктом 1.3 – создание руководимых молодыми исследователями молодежных лабораторий: в 2019 г. – 1, к 2023 г. – 2 (нарастающим итогом);

пунктом 1.7 – увеличение в 1.8 раза доли аспирантов, представивших к защите диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, к концу 2023 г.;

пунктом 1.8 – увеличение доли диссертаций, основные научные результаты которых опубликованы в не менее 2 статьях в научных журналах, индексируемых в международных базах данных, от общего количества успешно защищенных диссертаций - до 100% к концу 2023 г.;

пунктом 1.10 – увеличение доли молодых исследователей в эквиваленте полной занятости на 20% к концу 2023 г.;

пунктом 1.11 – увеличение числа аспирантов, успешно защитивших диссертационную работу и выбравших карьеру исследователя, в 1.2 раза к концу 2023 г.

В частности, реализация мероприятий по обновлению приборной базы в рамках федерального проекта № 2 «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации», согласно плану приобретения научных приборов на 2019-2023 годы, предполагает получение целевого финансирования на общую сумму не менее 367 700 тыс. руб. (исходя из расчетного объема финансирования 73 551,73 тыс. руб. ежегодно в течение 5 лет). При этом полная учетная стоимость подлежащей списанию приборной базы в период 2019-2023 гг. составит не менее 72 000 тыс. рублей. Объем расходов на эксплуатацию обновляемой приборной базы планируется увеличить от 1 900 тыс. руб. в 2019 году до 8 100 тыс. руб. в 2023 году (из средств субсидий и поступлений от иной приносящей доход деятельности). Полная учетная стоимость приборной базы, планируемой к приобретению за счет средств гранта в форме субсидии (в том числе, в целях развития ЦКП ИОФ РАН) составит сумму не менее 367 700 тыс. руб. при полной учетной стоимости приборной базы ИОФ РАН на 1 января 2018 года 749 516,9 тыс. рублей.

В ближайшей перспективе (2020-2021 гг.) дополнительное финансирование института позволит существенно улучшить значения ключевых целевых показателей, включающих (в соответствии с письмами Заместителя Министра Минобрнауки России А.М. Медведева № МН-402/АМ от 21.03.2019 г. и МН-725/АМ от 06.05.2019 г.):

1) ежегодный рост количества публикаций в Web of Science Core Collection на 7% (от 496 публикаций в 2017 году до 531 и 568 публикаций в 2020 и 2021 годах, соответственно);

2) ежегодный рост количества публикаций в Scopus на 7% (от 485 публикаций в 2017 году до 519 и 555 публикаций в 2020 и 2021 годах, соответственно);

3) увеличение объема внебюджетного финансирования с превышением нормативных показателей 2020 года (198 377,89 тыс. руб.) и 2021 года (212 264,35 тыс. руб.);

4) увеличение количества результатов интеллектуальной деятельности, имеющих государственную регистрацию и (или) правовую охрану или находящихся в стадии оформления (в том числе заявок на патенты на изобретения) до уровня не менее 10 единиц в 2020 году и 12 единиц в 2021 году, соответственно (с существенным превышением нормативных показателей – 2 единиц в 2020 и 2021 гг.).

Дополнительная информация об участии ИОФ РАН в выполнении мероприятий и достижении результатов и значений целевых показателей национального проекта «Наука» представлена в целевых показателях реализации Программы развития института.

## РАЗДЕЛ 9. ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ

№	Показатель	Единица измерения	Отчетный период	Значение				
				2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год
1.	Общий объем финансового обеспечения Программы развития <sup>1</sup>	тыс. руб.	1 154 241,8	1 210 876,6	1 235 031,2	1 251 245,2	1 258 761,7	1 275 761,7
	Из них:							
1.1.	субсидии на финансовое обеспечение выполнения государственного задания из федерального бюджета	тыс. руб.	775 196,9	713 174,5	725 134,7	725 348,7	731 500,0	738 500,0
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.	44 174,7	28 708,2	28 708,3	13 708,3	13 710,0	13 710,0
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)	тыс. руб.	334 870,2	468 993,9	481 188,2	512 188,2	513 551,7	523 551,7

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

	на платной основе и от иной приносящей доход деятельности							
1.6.1.	В том числе, гранты	тыс.руб.	180 606,8	185 963,2	162 251,7	172 251,7	187 551,7	188 551,7

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ЦЕЛЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ**

№ п/п	Целевые показатели реализации Программы развития	Профиль организации	Единица измерения	Предыдущие годы		Отчетный год	План				
				2016 год	2017 год		2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Основные целевые показатели											
Научно-исследовательская деятельность											
1.	Количество статей в изданиях, индексируемых в международных базах данных	I	ед.	548	496	522	545	584	624	635	645
1.1.	В том числе количество статей в областях, определяемых приоритетами научно-технологического развития	I	ед.	548	496	522	545	584	624	635	645
1.1.1.	Из них: число статей, в изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science Core Collection (WoS)	I	ед.	548	496	464	496	531	568	578	588
1.1.2.	число статей в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus	I	ед.	536	485	522	545	584	624	635	645
2.	Число заявок на получение патента на изобретение, включая международные заявки	I	ед.	7	5	3	6	10	12	16	20

3.	Количество заключенных лицензионных договоров о предоставлении права использования изобретений, охраняемых патентом	I	ед.	0	0	0	0	0	0	0	0
4.	Количество полученных охранных документов на РИД <sup>1</sup>	I	ед.	12	8	13	12	14	16	18	20
5.	Количество разработанных и переданных для внедрения и производства технологий <sup>2</sup>	I	ед.	0	0	0	0	0	0	0	0
6.	Число внесенных в Государственный реестр селекционных достижений <sup>3</sup>	I	ед.	0	0	0	0	0	0	0	0
7.	Объем внебюджетных средств	I	тыс. руб.	433730,3	372657,8	334870,2	446612,6	474148,9	483820,1	501201	510 000
Кадровый потенциал организации											
1.	Численность исследователей	I	чел.	584	571	591	591	591	591	595	595
1.1.	Численность исследователей в возрасте до 39 лет (включительно)	I	чел.	122	119	165	170	190	210	240	298

<sup>1</sup> РИД - результаты интеллектуальной деятельности.

<sup>2</sup> Подтвержденных актами и протоколами опытно-промышленных испытаний разработанной научно-технической продукции.

<sup>3</sup> Для организаций, проводящих исследования и разработки в области сельскохозяйственных наук.



2.	Численность аспирантов	I	чел.	42	38	37	40	45	50	52	55
2.1.	Из них: численность аспирантов, защитившихся в срок	I	чел.	0	2	1	1	1	2	2	3
3.	Численность российских и зарубежных ученых, работающих в организации и имеющих статьи в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных	I	чел.	256	260	264	270	285	290	295	300
Приборная база организации											
1.	Общая балансовая стоимость научного оборудования <sup>4</sup>	I	тыс. руб.	748 701,8	747 368,4	754 956,3	829 089,6	896 844,9	958 600,1	1 020 355,3	1 082 110,5
1.1.	В том числе балансовая стоимость измерительных и регулирующих приборов и устройств, лабораторного оборудования	I	тыс. руб.	748 701,8	747 368,4	754 956,3	829 089,6	896 844,9	958 600,1	1 020 355,3	1 082 110,5
2.	Балансовая стоимость научного оборудования в возрасте до 5 лет	I	тыс. руб.	123 804,3	91 683,2	87 614,6	151 251,6	216 671,8	284 171,7	340 632,1	435 980,3
3.	Доля отечественного научного оборудования <sup>5</sup>	I	%	26,0	24,0	23,7	21,4	19,0	16,4	14,1	12,1

<sup>4</sup> За исключением балансовой стоимости уникальных научных установок.

<sup>5</sup> Рассчитывается как отношение балансовой стоимости приборной базы отечественного производства в текущем году к балансовой стоимости приборной базы в текущем году.

4.	Общая балансовая стоимость выбывших единиц научного оборудования <sup>6</sup>	I	тыс. руб.	3 157,8	17 940,4	115,1	6 000,0	12 000,0	18 000,0	18 000,0	18 000,0
4.1.	Из них: балансовая стоимость выбывших измерительных и регулирующих приборов и устройств, лабораторного оборудования	I	тыс. руб.	3 157,8	17 940,4	115,1	6 000,0	12 000,0	18 000,0	18 000,0	18 000,0
5.	Балансовая стоимость уникальной научной установки (при наличии)	I	тыс. руб.	0	0	0	0	0	0	0	0
6.	Объем расходов на эксплуатацию обновляемого научного оборудования	I	тыс. руб.	0	0	0	1 900	3 800	5 300	6 800	8 100
7.	Отношение фактического времени работы центра коллективного пользования в интересах третьих лиц к фактическому времени работы центра	I	%	0	0	23,4	25,0	27,5	30	32,5	35,1
8.	Доля исследований, проводимых под руководством молодых ученых в возрасте до 39 лет (включительно) <sup>7</sup>	I	%	5,8	5,9	6,1	6,5	6,9	7,2	7,5	7,7

<sup>6</sup> За исключением балансовой стоимости выбывшего научного оборудования уникальных научных установок.

<sup>7</sup> Указывается для центров коллективного пользования

Развитие системы научной коммуникации и популяризации результатов исследований											
1.	Количество научных конференций (более 150 участников), в которых организация выступит(ла) организатором	I	ед.	6	5	7	5	6	6	6	5
1.1.	В том числе международных	I	ед.	6	5	7	5	6	6	6	5
2.	Количество базовых кафедр в организациях высшего образования и научных организациях	I	ед.	4	5	5	5	5	5	5	5
3.	Количество научных журналов, выпускаемых организацией	I	ед.	3	3	3	3	3	3	3	3
3.1.1.	из них: индексируемых RSCI (Russian Science Citation Index)	I	ед.	2	2	2	2	2	2	2	2
3.1.2.	индексируемых базами данных Web of Science и Scopus	I	ед.	1	1	1	1	1	1	1	1
Дополнительные показатели											
1	Уровень загрузки научного оборудования	I	%	95,5	95,5	95,5	95,61	95,7	95,8	95,9	96,0
2	Доля внешних пользователей научного оборудования	I	%	77,1	77,1	77,1	77,23	77,4	77,6	77,8	78,0
3	Доля исследований, проводимых под руководством молодых ученых в возрасте до 39 лет (включительно)	I	%	61,0		61,0	61,5	62,0	63,0	64,0	65,0

4	Процент привлечения внебюджетных средств к проведению научно-исследовательских работ	I	%	49,1	44,9	28,3	37,0	38,5	39,0	40,0	40,2
5	Количество поданных за предшествующий год заявок, в том числе в иностранных юрисдикциях, на регистрацию объектов интеллектуальной собственности (изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, селекционных достижений)	I	ед.	14	15	14	10	12	14	16	18
6	Количество разработанных и переданных для внедрения и производства технологий, в состав которых входят объекты интеллектуальной собственности (изобретения, полезные модели, промышленные образцы, селекционные достижения, программы для ЭВМ), исключительные права на которые принадлежат организации	I	ед.	0	0	0	0	0	0	0	0

7	Объем внутренних затрат на исследования и разработки за счет всех источников в текущих ценах	I	тыс. руб.	853918,8	810258,9	1174823,6	1207061,2	1231555,5	1240564,3	1253003,8	1269214,1
8	Процент обновления приборной базы организации за счет средств гранта в форме субсидии	I	%	0	0	0	9,37	18,90	28,81	39,38	50,50
9	Количество публикаций в изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science Core Collection (WoS)	I	ед.	548	496	464	496	531	568	578	588
10	Количество публикаций в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus	I	ед.	536	485	522	545	584	624	635	645