

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(СПбНЦ РАН)

УДК 001

Пер. № НИОКТР АААА-А17-117041850232-4

Пер. № НИОКТР АААА-А17-117041850231-7

Пер. № ИКРБС

УТВЕРЖДАЮ

ВРИО председателя СПбНЦ РАН



д.б.н.

М.И. Орлова

ОТЧЕТ

о научно-исследовательской работе

«Разработка теории трансформации научно-инновационного пространства Санкт-Петербурга в контексте инновационного развития российской экономики с учетом теоретико-методологических основ устойчивого технологического развития региона на основе инновационно-инвестиционной деятельности и воспроизводства и формирования научно-образовательного потенциала Санкт-Петербурга»  
(тема 0240-2019-0001 Государственного задания)

(промежуточный, этап 2)

Зам. научного руководителя темы  
Главный ученый секретарь  
СПбНЦ РАН д.э.н., профессор

Г. В. Двас

Санкт-Петербург  
2019

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы – академик РАН Ж.И. Алферов

Зам. руководителя темы  
Главный ученый секретарь  
СПБНЦ РАН, д.э.н., проф.


  
Г.В. Двас (введение,  
заключение)

Исполнители темы (все разделы):

в.р.и.о. председателя  
СПБНЦ РАН  
д.б.н.,

  
М.И. Орлова (раздел 8)

директор по науке,  
д.т.н., проф.

  
О.В. Белый (раздел 10)


начальник НИО,  
зам. главного  
ученого секретаря  
д.э.н., проф.

  
А.Г. Безудная (все разделы)

в.н.с., к.т.н.

  
Л.Д. Барина (раздел 10)

в.н.с., к.ф.-м.н.

  
Л.Э. Забалканская (раздел 10)

в.н.с., д.г.-м.н.

  
В.М. Анохин (раздел 6)

в.н.с., д.ф.-м.н.

  
И.А. Митропольский (раздел 1)

с.н.с., д.б.н.

  
В.Е. Цыганов (раздел 11)

с.н.с., к.б.н.

  
Ю.Н. Бубличенко (раздел 8)

с.н.с., к.б.н.

  
Л.А. Джапаридзе (раздел 7)

с.н.с., к.и.н.

  
Е.А. Иванова (раздел 9)

с.н.с., к.т.н.

  
В.С. Марков (раздел 5)

с.н.с., к.х.н.

  
Т.Ф. Пименова (раздел 3)

с.н.с., к.т.н.

  
С.М. Счисляев (раздел 2)

с.н.с., к.х.н.

  
Т.А. Цыганова (раздел 4)

н.с., к.б.н.

  
О.М. Землянко (раздел 7)

н.с.

  
Н.Ю. Быстрова (раздел 8)

н.с.

  
А.А. Воронова (раздел 9)

н.с.

  
Л.Г. Николаева (раздел 9)

н.с.

  
И.Д. Сибаров (раздел 3)

н.с.

  
Т.В. Сидоренко (раздел 5)

м.н.с.

  
О.А. Солдатова (все разделы)

## РЕФЕРАТ

Отчет 386 с., 1 кн., 24 табл., 34 рис., 76 ист., 3 прил.

### НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ, ЦЕЛЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ, ПРОГРАММА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ, НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА, ПРАГМАТИЗАЦИЯ ТЕМ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объект исследования – научно-образовательный потенциал Санкт-Петербурга как элемент инновационного развития российской экономики.

Цель НИР (в 2019 году) – актуализация отдельных мероприятий Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года (далее – Программа) в контексте их гармонизации с основными направлениями национальных проектов Российской Федерации.

Методология проведения работы – совместное применение методов междисциплинарного функционального анализа и научного форсайтинга.

Результаты работы:

- научно-обоснованные рекомендации по адаптации отдельных мероприятий Программы к национальным проектам Российской Федерации;
- разработка перечней включенных в Программу фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года исследований, ориентированных на повышение эффективности реализации национальных проектов Российской Федерации;
- апробация в объеме, превышающим показатели, установленные государственным заданием, предложений по исследовательским проектам, составляющим основу мероприятий Программы, подтверждающая как актуальность исследовательских проектов, включенных в Программу, так и корректность предложений по гармонизации мероприятий Программы с основными направлениями национальных проектов Российской Федерации.

Область применения результатов и рекомендации по их внедрению – результаты могут быть использованы при уточнении перечня мероприятий национальных проектов «Наука»,

«Здравоохранение», «Цифровая экономика», «Экология», «Безопасные и качественные автомобильные дороги», «Жильё и городская среда» а также Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры Российской Федерации и государственной программы Санкт-Петербурга по развитию науки на период до 2035 года.

Экономическая значимость работы заключается в том, что откорректированная в рамках НИР 2019 года Программа позволяет максимально эффективно использовать ограниченные бюджетные ресурсы для достижения целевых показателей, установленных национальными проектами Российской Федерации и стратегическими документами Санкт-Петербурга, при одновременном развитии объекта исследования – научно-образовательного потенциала Санкт-Петербурга как элемента инновационного развития российской экономики.



## СОДЕРЖАНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 7   |
| ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....   | 14  |
| Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года .....   | 14  |
| 1 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области физико-математических наук .....  | 14  |
| 2 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области энергетики.....   | 19  |
| 3 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области материаловедения, механики, прочности.....  | 45  |
| 4 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области химии.....  | 60  |
| 5 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области формирования и развития информационной структуры инновационного развития Санкт-Петербурга ..... | 66  |
| 6 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области наук о Земле.....   | 72  |
| 7 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области биологии и медицины.....  | 75  |
| 8 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области экологии и природных ресурсов.....  | 128 |
| 9 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области гуманитарных и общественных наук.....   | 170 |
| 10 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области междисциплинарных проблем транспортных систем.....   | 202 |
| 11 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области развития агропромышленного комплекса.....  | 218 |

|  |     |
|--|-----|
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....  | 230 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А Перечень включенных в Программу фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года исследований, ориентированных на повышение эффективности реализации национальных проектов Российской Федерации.....                        | 231 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б Список публикаций по теме в 2019 году.....  | 379 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В Перечень научных мероприятий, в рамках которых в 2019 году проводилась апробация предложений по исследовательским проектам, составляющим основу мероприятий Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года..... | 383 |

## ВВЕДЕНИЕ

Санкт-Петербургским научным центром РАН (СПбНЦ РАН) с 2014 года выполняются фундаментальные исследования по теме «Разработка теории трансформации научно-инновационного пространства Санкт-Петербурга в контексте инновационного развития российской экономики с учетом теоретико-методологических основ устойчивого технологического развития региона на основе инновационно-инвестиционной деятельности и воспроизводства и формирования научно-образовательного потенциала Санкт-Петербурга».

В ходе выполненных в предшествующие годы исследований получены следующие результаты:

в 2014 году:

- выявлены наиболее перспективные направления развития мировой фундаментальной науки по отраслям науки, представленным в расположенных в Санкт-Петербурге научных организациях, осуществляющих фундаментальные исследования;

- впервые исследован научный потенциал научных организаций Санкт-Петербурга на предмет возможностей осуществления ими фундаментальных исследований по наиболее перспективным направлениям развития мировой фундаментальной науки, с учетом наличия научных школ, системы подготовки научных кадров и необходимой для проведения таких исследований материальной базы;

- сформирован перечень направлений фундаментальных исследований, с одной стороны, соответствующих мировым трендам развития науки, а, с другой стороны, позволяющих с максимальной эффективностью использовать научный потенциал расположенных в Санкт-Петербурге научных организаций, осуществляющих фундаментальные исследования;

- обоснована необходимость и безальтернативность решения задачи трансформации научно-инновационного пространства Санкт-Петербурга на основе инновационно-инвестиционной деятельности и воспроизводства и формирования научно-образовательного потенциала с учетом ключевых факторов экономического развития Санкт-Петербурга на средне- и долгосрочную перспективу;

- выработаны предложения по формированию стратегической политики научно-инновационного развития Санкт-Петербурга, в том числе, по разработке государственной программы трансформации научно-инновационного пространства Санкт-Петербурга;

в 2015 году:

- разработан укрупненный состав научно-исследовательских работ по каждому направлению из сформированного в 2014 году перечня;

- сформированы экспертно-координирующие органы, обеспечивающие сопровождение разработку и реализацию программы трансформации научно-инновационного пространства Санкт-Петербурга, – Президиум Санкт-Петербургского научного центра РАН и объединенные научные советы Санкт-Петербургского научного центра РАН (по физико-математическим наукам, по химическим наукам, по наукам о Земле, по общественным и гуманитарным наукам, по нанотехнологиям, по энергетике, по материаловедению, механике и прочности, по информатике, управлению и телекоммуникациям, по экологии и природным ресурсам, по биологии и медицине, по развитию агропромышленного комплекса, по междисциплинарным проблемам транспортных систем, по подготовке научных кадров);

- проведена апробация разработанных предложений по перспективным направлениям фундаментальных исследований, составу научно-исследовательских работ по отдельным перспективным направлениям и по формированию стратегической политики научно-инновационного развития Санкт-Петербурга – посредством их рассмотрения на заседаниях объединенных научных советов, представления на российских и международных научных и научно-практических конференциях и семинарах, а также опубликования в ведущих научных журналах и в формате специализированной обобщающей результаты исследования монографии «Перспективные направления развития науки в Санкт-Петербурге»;

в 2016 году:

- разработан проект программы фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года (далее – Программа), предполагаемой к осуществлению в рамках реализации разработанной теории трансформации научно-инновационного пространства Санкт-Петербурга на основе инновационно-инвестиционной деятельности и воспроизводства и формирования научно-образовательного потенциала Санкт-Петербурга;

- продолжена апробация разработанных предложений по перспективным направлениям фундаментальных исследований, составу научно-исследовательских работ по отдельным перспективным направлениям и по формированию стратегической политики научно-инновационного развития Санкт-Петербурга – посредством их рассмотрения на заседаниях объединенных научных советов, представления на российских и международных научных и научно-практических конференциях и семинарах, а также опубликования в ведущих научных журналах.

в 2017 году:

- выполнена актуализация мероприятий Программы и её переформатирование в соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации (далее – Стратегия), утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642;



- осуществлено расширение направлений и мероприятий Программы за счет включения в неё исследований, которые могут максимально полно и рационально использовать научный потенциал расположенных в Санкт-Петербурге научных организаций в реализацию Стратегии по таким направлениям, как:

- 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 (пункт г) статьи 20 Стратегии);
- противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства (пункт д) статьи 20 Стратегии);
- 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 (пункт е) статьи 20 Стратегии).

Активизация в 2017 году деятельности по стратегическому планированию федеральных органов государственной власти обуславливает вывод о необходимости разработки специального механизма, позволяющего оперативно включать в контур управления Программы фундаментальных научно-исследовательских работ изменения федеральных документов стратегического планирования, предполагая при этом необходимость оперативного выявления таких изменений, идентификации степени их влияния на состав или сроки выполнения научно-исследовательских работ в рамках Программы, а также разработки конкретных предложений по корректировке Программы.

Разработка такого механизма, наряду с адаптацией направлений и мероприятий Программы фундаментальных научно-исследовательских работ к принятым в 2017 году и предполагаемым к принятию в 2018 году федеральным и региональным документам стратегического планирования, стала основным содержанием исследовательских работ по совершенствованию Программы в 2018 году.

По итогам выполненных в 2018 году исследований были получены следующие результаты:

- составлен аннотированный перечень основных стратегических документов (стратегий, государственных, ведомственных программ), принятых федеральными органами государственной власти, успешной реализации которых могут способствовать исследования, предлагаемые в рамках Программы;

- произведена адаптация отдельных мероприятий Программы к основным стратегическим документам, принятым федеральными органами государственной власти, а также разработаны предложения по корректировке мероприятий Программы и/или самих стратегических документов;

- осуществлена апробация в 2018 году предложений по исследовательским проектам, составляющим основу мероприятий Программы.

Вместе с тем, уже в процессе выполнения указанных работ стало очевидным, что они станут лишь промежуточным этапом более глобального исследования, необходимость которого была обусловлена подписанием 7 мая 2018 года Президентом Российской Федерации Указа №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», которым был утвержден перечень национальных проектов, призванных стать основой для деятельности Правительства России, иных органов государственной власти по достижению национальных целей и целевых показателей развития России на период до 2024 года, утвержденных тем же Указом Президента России.

При этом Указ Президента России от 7 мая 2018 года № 204, безусловно являясь стратегическим документом высшего уровня, имеет две принципиальные, с точки зрения настоящего исследования, особенности. Первая заключается в том, что номенклатура целевых показателей подлежащих реализации национальных проектов не в полном объеме соответствует целевым показателям принятых ранее государственных и ведомственных программ. Соответственно, меняются приоритеты и подходы к оценке эффективности мер государственной политики.

Другой особенностью национальных проектов является их комплексность, подразумевающая концентрацию управленческих, финансовых, информационных и иных ресурсов, распоряжение которыми осуществляют различные не только федеральные, но и региональные органы государственной власти, для решения стратегических задач и достижения национальных целей, на которые ориентирован конкретный национальный проект. В силу указанного обстоятельства, результаты тех или иных научных исследований, включенных в Программу, могут быть использованы в деятельности сразу нескольких федеральных и региональных органов государственной власти по реализации нескольких национальных проектов, но при этом для различных ведомств и различных видов

деятельности могут принципиально отличаться значимые стороны результатов научных исследований.

Таким образом, основной задачей, которую необходимо было решить в рамках настоящего исследования в 2019 году, была адаптация Программы в целях повышения эффективности реализации национальных проектов, при одновременном сглаживании противоречий ведомственных и корпоративных интересов государственных органов и госкорпораций, предполагаемых к привлечению в качестве заказчиков и/или пользователей результатов отдельных мероприятий (научных исследований) Программы.

Кроме того, дальнейшее развитие получила работа по актуализации Программы, что было обусловлено, с одной стороны, необходимостью конкретизации мероприятий Программы и их адаптации к основным направлениям национальных проектов, а, с другой стороны, тем обстоятельством, что некоторые мероприятия Программы, изначально разработанной в 2014-2015 годы, к началу 2019 года либо были уже выполнены или находились на определенной стадии выполнения, либо потеряли актуальность в изначальной постановке и требовали внесения серьезных корректировок. В то же время, возникновение новых стратегических вызовов, глобальных открытий в различных отраслях науки, появление новых технологий потребовали осмысления и обоснования новых перспективных направлений фундаментальных исследований, в реализации которых могли бы обеспечить ключевую роль научные организации Санкт-Петербурга, но которые полностью или частично с очевидностью выйдут не только за утвержденный период реализации национальных проектов, но и за изначально установленный срок проектируемой Программы.

Также в 2019 году была продолжена апробация предложений по исследовательским проектам, составляющим основу мероприятий Программы – как в части включенных в неё ранее мероприятий (исследований), так и в части новых исследований, актуальность которых была выявлена в 2018-2019 годах.

В результате реализации первого этапа сформулированы пакеты тем научных исследований, которые были ранее включены в Программу и могли бы быть осуществлены научными и научно-образовательными организациями Санкт-Петербурга в целях повышения эффективности реализации национальных проектов:

- национальный проект «Здравоохранение» – 40 мероприятий (тем научных исследований, включённых в Программу);
- национальный проект «Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры» – 18 мероприятий;
- национальный проект «Наука» – 114 мероприятий;
- национальный проект «Цифровая экономика» – 6 мероприятий;

- национальный проект «Экология» – 20 мероприятий;
- национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги» – 4 мероприятия;
- национальный проект «Жильё и городская среда» – 1 мероприятие.

Несколько мероприятий (тем научных исследований, предусмотренных Программой) вошло одновременно в перечни исследований, способных повысить эффективность реализации более, чем одного национального проекта. Всего, без учета таких «дублирующихся» в нацпроектах тем научных исследований, общее количество мероприятий Программы, отвечающих направлениям национальных проектов составило 142 единицы, то есть 48% от общего количества мероприятий Программы, оставшихся после исключения из неё тем полностью или частично выполненными исследований.

Указанные пакеты тем научных исследований, нацеленные на повышение эффективности реализации национальных проектов, были направлены заместителям Председателя Правительства Российской Федерации, курирующим соответствующие национальные проекты. До конца 2019 года по поручениям ответственных заместителей Председателя Правительства Российской Федерации разработанные пакеты предложений были рассмотрены заинтересованными федеральными министерствами и ведомствами; их заключения, включающие, в том числе, предложения по корректировке отдельных мероприятий и их параметров, а также по механизмам реализации разработанной Программы, получены СПбНЦ РАН и будут использованы при дальнейшей доработке Программы и механизмов её реализации.

Таким образом, представленный отчет содержит информацию о результатах выполнения в 2019 году научно-исследовательской работы «Разработка теории трансформации научно-инновационного пространства Санкт-Петербурга в контексте инновационного развития российской экономики с учетом теоретико-методологических основ устойчивого технологического развития региона на основе инновационно-инвестиционной деятельности и воспроизводства и формирования научно-образовательного потенциала Санкт-Петербурга» по следующим направлениям:

1) Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года, в том числе, с учетом основных направлений национальных проектов Российской Федерации;

2) Формирование перечней включенных в Программу фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года исследований, ориентированных на повышение эффективности реализации национальных проектов Российской Федерации (Приложение А);



3) Апробация предложений по исследовательским проектам, составляющим основу мероприятий Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года (Приложения Б и В).

Научные руководители исследований, проводимых по теме: академик РАН Суриц Роберт Арнольдович, академик РАН Федоров Михаил Петрович, академик РАН Морозов Никита Федорович, академик РАН Шевченко Владимир Ярославович, член-корр. РАН Юсупов Рафаэль Мидхатович, академик РАН Румянцев Владислав Александрович, академик РАН Наточин Юрий Викторович, академик РАН Инге-Вечтомов Сергей Георгиевич, академик РАН Казанский Николай Николаевич, д.т.н., профессор Белый Олег Викторович, академик РАН Попов Владимир Дмитриевич.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

### **АКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА НА ПЕРИОД ДО 2035 ГОДА**

#### **1 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области физико-математических наук**

В 2019 году были продолжены работы в рамках госзадания, часть работ была реализована в развитие соответствующих пунктов разработанной СПбНЦ РАН Программы фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года.

Подпрограмма Фундаментальных научных исследований СПбНЦ РАН направлена на развитие и поддержку исследований, успешно ведущихся в научных организациях региона, отмеченных выдающимися результатами, находящимися на мировом уровне развития науки, а часто определяющих этот уровень.

В разделе физико-математических наук Подпрограммы собраны наиболее фундаментальные научные исследования, которые не потеряют своей актуальности в период до 2030 г. Направления и темы сформулированы достаточно общо на весь срок действия Подпрограммы и не предполагают выделения этапов исследований по времени. Такое разбиение может быть произведено при разработке локальных планов в рамках утвержденной Подпрограммы.

##### **1.1 Математические науки**

При оценке перспектив развития математических наук в Санкт-Петербурге целесообразно одновременно рассматривать исследования как в области фундаментальной математики, так и в области теоретической физики и теоретической информатики. Исследования в указанных областях существенно используют математический аппарат. Кроме того, именно эта тематика традиционно является областью исследований в математических научно-исследовательских центрах Санкт-Петербурга.

В Подпрограмме выделено семь направлений исследований.

1.1.1 Алгебра и теория чисел.

1.1.2 Математический и функциональный анализ.

1.1.3 Теория вероятностей и математическая статистика.

1.1.4 Геометрия и топология.

1.1.5 Уравнения математической физики и дифференциальные уравнения в частных производных.

1.1.6 Теоретическая физика.

1.1.7 Теоретическая информатика и дискретная математика.

## **1.2 Астрономия и астрофизика**

В разделе выделены три основных направления исследований:

1.2.1 Физика и эволюция вырожденных звездных объектов (белых карликов и нейтронных звезд). Механизмы энерговыделения пульсаров, взрывных переменных, рентгеновских и гамма-барстеров, повторяющихся и космологических гамма-всплесков.

1.2.2 Исследование межзвездной среды, областей звездообразования и межзвездных молекулярных полос.

1.2.3 Исследования активных ядер галактик и взаимодействия галактик.

## **1.3 Физика элементарных частиц**

В разделе выделены четыре темы исследований:

1.3.1 Экспериментальные исследования и феноменологическое описание адронов и их сильных взаимодействий.

1.3.2 Экспериментальные исследования и феноменологическое описание электромагнитных и слабых взаимодействий адронов и лептонов.

1.3.3 Поиски и изучение физики за пределами Стандартной Модели элементарных частиц.

1.3.4 Теоретические исследования возможностей описания микромира.

## **1.4 Физика атомного ядра и элементарных частиц**

В направлении ядерной физики исследования, проводимые в научных центрах Санкт-Петербурга при активном участии институтов РАН, носят комплексный характер и охватывают наиболее актуальные проблемы экспериментальной и теоретической ядерной физики и приложений ядерно-физических методов в смежных областях науки и технологий. Отметим, что в перечисленных ниже направлениях исследований петербургские ученые занимают лидирующие позиции в мире, работая в составе международных коллабораций и внося решающий вклад в полученные результаты.

В Программе выделено пять направлений исследований.

1.4.1 Изучение структуры атомных ядер.

1.4.2 Изучение горячей ядерной материи.

1.4.3 Исследования ядерных реакций и процессов деления в широком диапазоне энергий и масс.

1.4.4 Применение ядерно-физических методов для решения фундаментальных и прикладных задач в смежных областях.

1.4.5 Исследования проблем ядерной энергетики. Ядерные технологии.

### **1.5 Физика конденсированных сред**

В разделе выделены три основных направления исследований:

1.5.1 Физика полупроводников и полупроводниковых гетероструктур.

1.5.2 Физика твердотельных наносистем.

1.5.3 Магнетизм и спинтроника.

### **1.6 Оптика и лазерная физика**

В данном разделе выделено четырнадцать направлений исследований в области оптики и лазерной физики.

1.6.1 Солнечная энергетика.

1.6.2 Мощные светодиоды на основе соединений  $A^3N$ .

1.6.3 Мощные полупроводниковые лазеры и лазерные линейки ближнего ИК диапазона.

1.6.4 Полупроводниковые лазеры видимого и УФ диапазона.

1.6.5 Светодиоды, лазеры и фотоприемники в средней ИК области спектра.

1.6.6 Поверхностно-излучающие лазеры с вертикальным резонатором.

1.6.7 Полупроводниковые микролазеры.

1.6.8 Генерация сверхкоротких импульсов при помощи полупроводниковых лазеров.

1.6.9 Твердотельные и газовые лазеры.

1.6.10 Коллоидные квантовые точки.

1.6.11 Квантово-каскадные лазеры.

1.6.12 Сверхфокусировка излучения многомодовых полупроводниковых лазеров.

1.6.13 Метаматериалы, фотонные кристаллы и топологические изоляторы.

1.6.14 Компактные полупроводниковые излучатели терагерцового диапазона.

### **1.7 Физика плазмы**

К этому разделу относятся 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.

В области фундаментальных исследований в первую очередь следует поддержать участие России в программе Международного экспериментального токамака-реактора (ИТЭР) - разработка методов нагрева, генерации стационарного тока и диагностики высокотемпературной плазмы.



## **1.8 Геофизика и радиофизика**

Исследования пространственно-временного распределения постоянного магнитного поля Земли, его вариаций, их физической природы являются фундаментальными и имеют актуальные прикладные аспекты: динамика и структура околоземного пространства (магнитосферы и ионосферы, распространения радиоволн от спутников и навигационных системы GPS-ГЛОНАСС), магнитная навигация и поиск полезных ископаемых, а также выделение полезных сигналов из естественного электромагнитного фона в мировом океане.

1.8.1 Геофизические исследования, Генеральная магнитная съемка (ГМС) территорий РФ.

### **1.8.2 Радиофизические исследования**

Время, прошедшее с момента принятия Программы, показало правильность выбранного подхода – все темы сохраняют свою актуальность, при этом пока не появилось новых крупных тем, требующих включения в Программу.

Вся конкретная научно-исследовательская работа по Программе проводится в институтах региона. Эта работа сопровождается публикациями в отечественных и иностранных журналах, доказывающими высокий уровень исследований и их актуальность. Санкт-Петербургский научный центр РАН в части Объединенного совета по физ.-мат. наукам играет здесь координирующую роль, он берет на себя организацию научных мероприятий междисциплинарного характера, выполняет научно-методические консультации, экспертизу и рецензирование работ.

Мероприятия, которые были проведены в 2019 г. (конференции, семинары, круглые столы)

В феврале 2019 г. утвержден новый состав экспертного совета по присуждению премии Правительства СПб и СПбНЦ РАН им.А.Ф.Иоффе за выдающиеся научные результаты в области физики и астрономии. 4 апреля прошло заседание экспертного совета. Из 5 кандидатур было рекомендовано присудить премию им. А.Ф.Иоффе Правительства Санкт-Петербурга за выдающиеся научные результаты в области науки и техники (физика и астрономия) 2019 г. ШАБАЕВУ Владимиру Моисеевичу, профессору кафедры квантовой механики СПбГУ, за выдающиеся научные результаты в области квантовой электродинамики атомных систем, внёсшие весомый вклад в развитие физики многозарядных ионов и тяжёлых атомов.

22 апреля 2019 г. в СПбНЦ РАН прошла заключительная сессия XXVIII Всероссийской научной конференции учащихся "Интеллектуальное Возрождение",

<http://iv.euspb.ru/%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F-2019.html>. Число участников сессии превысило 200 человек. По материалам конференции подготовлен и опубликован сборник трудов

22-25 апреля 2019 г. в Академическом университете прошла 6 Международная школа-конференция «Saint-Petersburg OPEN 2019» <http://ru.spbopen.spbau.com/>. По материалам конференции подготовлен сборник трудов.

## **2 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области энергетики**

В 2019 году были продолжены работы в рамках госзадания, часть работ была реализована в развитие соответствующих пунктов разработанной СПбНЦ РАН Программы фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года (п.2).

### **2.1 Влияние цифровых технологий на сектор энергетики. Международный опыт. Российская перспектива**

Существующий технологический уклад электроэнергетики достиг предела своей эффективности и в дальнейшей перспективе утратит высокую конкурентоспособность по сравнению с решениями цифровой энергетики. Одним из ключевых глобальных тенденций развития топливно-энергетического комплекса в современных реалиях является модификация цифровых и интеллектуальных технологических решений в управлении производственных мощностей энергетической отрасли.

Цифровизация энергетики на отечественном рынке как процесс была запущена относительно недавно, но уже сейчас данный феномен оказывает положительный импульс в развитии топливно-энергетического комплекса нашей страны. Активное внедрение цифровых технологий во внутренние и внешние бизнес-процессы предприятий влекут за собой появление инновационных бизнес-моделей, обеспечивающих будущую конкурентоспособности отрасли.

Современные реалии диктуют свои жесткие требования к отечественному рынку энергетики, и для того, чтобы занять лидирующие позиции, топливно-энергетическому комплексу России необходимо создать принципиально новую, мощную платформу, в основу которой будет заложен комплекс мероприятий по ключевым направлениям, отмеченным в проекте Минэнерго «Цифровая энергетика».

В настоящем исследовании дана характеристика современного этапа развития «цифровой» энергетики на российском рынке. Рассмотрена специфика «цифровых» технологий, относящихся к энергетической отрасли. Раскрыта сущность и особенности внедрения «цифровых» технологий в отрасли топливно-энергетического комплекса. Проведен анализ бизнес-процессов промышленного предприятия EDF с применением «цифровых» технологий. Выявлены основные направления развития «цифровой» энергетики в Российской Федерации.

Цифровые технологии предполагают создание и внедрение новых методов коммуникации с потребителями. Цифровые технологии затрагивают все важные элементы организации, из чего следует возможность комплексного обследования на предмет готовности к данным трансформациям. Для эффективного развития в условиях цифровой трансформации в энергетической отрасли предприятиям необходимо обладать подходящей управленческой стратегией и целым набором компетенций. Ведется активная работа по внедрению инновационных решений по вопросам производства на предприятиях, по созданию новых специфических, уникальных контрольно-надзорных функций на государственном уровне, по трансформации профессионального образования для подготовки будущих специалистов в области цифровой энергетики.

Ключевыми результатами реализации данных мероприятий должно стать повышение эффективности деятельности предприятий топливно- энергетического сектора экономики РФ, оптимизация бизнес-процессов «smart»-сетей газораспределения и электрических «smart»-сетей, повышение уровня технического состояния производственных фондов электроэнергетики и рост надежности электроснабжения потребителей.

2017 год стал знаковым для развития топливно-энергетического комплекса Российской Федерации благодаря активному формированию и реализации нового политического направления, а именно перехода к цифровой экономике. В целях модификации основных производственных мощностей энергетической отрасли РФ и создания условий для внедрения инновационных технологий в цифровые платформенные решения национального топливно-энергетического комплекса Минэнерго Российской Федерации сформировало ведомственный проект «Цифровая энергетика». С учетом обозначенных Президентом РФ приоритетов, которые были утверждены в национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации» в 2017 году, проект «Цифровая энергетика» планирует создать новый целевой подход к видению понятийного аппарата «цифровизация энергетики» и его активного внедрения в электроэнергетические производства с целью создания новой национальной технологической базы для ее дальнейшего развития и формирования предложений по повышению конкурентоспособности энергетической отрасли.

Существующий технологический уклад электроэнергетики достиг предела своей эффективности и в дальнейшей перспективе утратит высокую конкурентоспособность по сравнению с решениями цифровой энергетики. Понятийный аппарат «цифровой» энергетики многогранен и разнообразен, что является проблемой, с одной стороны, в силу возникновения различных точек зрения. Однако, с другой стороны, данная категория может стать единственным решением принципиальной смены внутренней архитектуры и управления топливно-энергетического комплекса.

Исходя из вышеизложенного, целью исследования является определение особенностей и основных направлений влияния цифровых технологий на электроэнергетическую отрасль в условиях глобальной цифровизации. В связи с установленной целью необходимо решить следующие задачи:

- дать характеристику современному этапу развития «цифровой» энергетики;
- рассмотреть специфику «цифровых» технологий в сфере энергетики;
- раскрыть сущность и особенности внедрения цифровых технологий в отрасли топливно-энергетического комплекса;
- провести анализ бизнес-процессов промышленного предприятия EDF с применением цифровых технологий;
- выявить основные направления развития «цифровой» энергетики в РФ.

Данное исследование было проведено, основываясь на научной литературе по поставленной проблематике, была проанализирована нормативно-правовая база РФ в области «цифровой» энергетики и исследован международный опыт деятельности электроэнергетической компании в условиях «цифровизации».

Исходя из анализа выше указанных источников, были сделаны следующие предположения, а именно:

- «цифровые» технологии предполагают создание и внедрение новых методов коммуникации с потребителями;
- «цифровые» технологии затрагивают ключевые элементы организации, из чего следует возможность комплексного обследования на предмет готовности к трансформациям.
- предприятиям топливно-энергетического комплекса необходимо обладать подходящей управленческой стратегией и целым набором компетенций для эффективного развития с современных реалиях;
- ведется активная работа по внедрению «цифровых» решений по производственным вопросам на предприятиях, по созданию новых специфических контрольно-надзорных функций на государственном уровне, по трансформации профессионального образования для подготовки будущих специалистов в области цифровой энергетики, обладающих уникальными компетенциями.

Существующий технологический уклад электроэнергетики достиг предела своей эффективности и в дальнейшей перспективе утратит высокую конкурентоспособность по сравнению с решениями цифровой энергетики. Одним из ключевых глобальных тенденций развития топливно- энергетического комплекса в современных реалиях является модификация

цифровых и интеллектуальных технологических решений в управлении производственных мощностей энергетической отрасли.

Активное внедрение цифровых технологий во внутренние и внешние бизнес-процессы предприятий влекут за собой появление инновационных бизнес-моделей, обеспечивающих будущую конкурентоспособность отрасли. В настоящем исследовании была дана характеристика современного этапа развития «цифровой» энергетики на российском рынке. Рассмотрена специфика «цифровых» технологий, относящихся к энергетической отрасли.

Раскрыта сущность и особенности внедрения «цифровых» технологий в отрасли топливно-энергетического комплекса. Проведен анализ бизнес-процессов промышленного предприятия EDF с применением «цифровых» технологий. Выявлены основные направления развития «цифровой» энергетики в Российской Федерации.

Приоритетной задачей национальный энергетический рынок ставит перед собой победу в глобальной технологической гонке, а также формулировку нового ориентира цифровизации, которое обеспечит соединение финансового и интеллектуального потенциалов нашей страны.

Для успешного развития в условиях цифровой трансформации предприятиям энергетической отрасли необходимо обладать подходящей управленческой стратегией и целым набором компетенций. Благодаря упомянутым составляющим организация будет способна более гибко воспринимать внутренние и внешние изменения своих бизнес-процессов и успешно создавать инновационные бизнес-модели и продукты.

Так компании энергетической отрасли сохранят свою организационную маневренность независимо от масштабов производства, они будут способны обеспечить баланс между накопленным и полученным опытом, созданием и модификацией новых стратегий управления

Многие компании, занимающиеся освоением энергии всех форм и потенциалов, озадачены проблемой защиты окружающей среды и потребителей, тем самым поставив перед собой задачу «чистого» производства энергии без вреда здоровью потребителей и всеобщего состояния экологической системы нашей планеты. Современные цифровые технологии позволяют компаниям мирового уровня в кратчайшие сроки преобразовать свои внутренние бизнес-процессы, модернизировать производственные мощности, и тем самым добиваться максимально эффективных результатов от своей деятельности.

Внедрение новейших цифровых и интеллектуальных технологических решений является одним из ключевых глобальных трендов развития энергетической отрасли на современном этапе.

Постепенная цифровизация отечественной энергетики как процесс была запущена всего лишь несколько лет назад, но уже сейчас, согласно исследованиям ведущих

специалистов в области экономики, IT-технологий и электроэнергетики, данный феномен оказал крайне положительное влияние на развитие топливно-энергетического комплекса.

Именно сейчас, тема цифровизации является центральной и неизменно затрагиваемой практически на всех дискуссиях, касающихся ключевых позициях отрасли энергетики, а также основных тенденций развития данной сферы экономики РФ.

Однако, помимо современных технологий, необходимо изменить подход не только к видению процесса, но и к самому управлению. Как сказал первый заместитель министра энергетики РФ Алексей Текслер в одном из интервью: «Цифровизация — это не про технологии, цифровизация — это изменение уклада». В силу активного внедрения цифровых технологий, как внутренние, так и внешние бизнес-процессы предприятий видоизменяются, что влечет за собой появление новых бизнес-моделей, которые становятся ключевым фактором обеспечения будущей конкурентоспособности. При этом цифровизация, как феномен, не только оказывает влияние на оптимизацию управленческих решений и снижение издержек предприятий, но и выступает в роли гаранта по вопросу надежности энергосистем, в чем государство заинтересовано в первую очередь.

За последние пять лет произошли грандиозные изменения во всех отраслях топливно-энергетического комплекса благодаря внедрению уникальных инновационных технологий и разработке новейших цифровых продуктов. В секторе энергетики активно внедряются технологии «smart grids» (умные сети), виртуальная прогностика и мониторинг состояния генерирующего оборудования, а также диспетчеризация энергообъектов для повышения качества энергоснабжения.

Технологии «smart grids», которые рассматриваются как основа модернизации и усовершенствования электроэнергетической отрасли, в последние несколько лет активно применяются в компаниях Европейских стран. Накопленный опыт стратегических разработок и управленческих концепций в сфере интеллектуальной цифровой энергетики разных стран мира показывает, что ее создание нацелено не только на преодоление определенных инженерных, экономических или управленческих задач, но и на реализацию системной технологической платформы, которая будет отвечать энергетическим нуждам новой цифровой экономики.

Новейшие технологии, применяемые в сетях, основанные на адаптации характеристик оборудования в зависимости от режимной ситуации, активное взаимодействие с генерацией и потребителями позволяют создавать эффективно функционирующую систему, в которую встраиваются современные информационно-диагностические системы, системы автоматизации управления всеми элементами, включенными в процессы производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии. Электрическая сеть из пассивного

устройства транспорта распределения электроэнергии превращается в активный элемент, параметры и характеристики которой изменяются в зависимости от требований режимов работы в реальном времени, в которой все субъекты электроэнергетического рынка (генерация, сеть, потребители) принимают активное участие в процессах передачи и распределения электроэнергии.

Для реализации этой новой функции сети оснащаются современными быстродействующими устройствами силовой электроники и электро-машиноventильных систем, системами, обеспечивающими получение информации в режиме on-line о режимах работы сети и состоянии различного рода накопители (аккумуляторы) электрической энергии, а потребители становятся активными участниками процесса распределения и потребления электроэнергии.

Изменение системы представлений о распределительной сети, развитие информационных и коммуникационных технологий, усовершенствование отдельных компонентов преобразования энергии, достижения в сфере устройств и систем защиты от сбоев способствовали появлению новых технологий, которые будут влиять на развитие электроэнергетической системы. Несколько конкретных примеров таких технологий приведены ниже:

- Распределенная энергетика, которая быстро развивается и оснащается подключаемыми автоматически настраиваемыми устройствами по типу «включай и работай».
- Интеллектуальные или коммуникационные счетчики. Некоторые страны приступили к реализации крупномасштабных проектов по замене обычных счетчиков в домах потребителей электроэнергии на интеллектуальные счетчики, которые позволяют произвести снятие показателей удаленно, а также служат порталом для других целей, касающихся качества электроэнергии и энергетических услуг.
- Исполнительные механизмы, интегрированные в электроэнергетическую систему. Эти устройства, как правило, основываются на электронике больших мощностей и служат для более эффективного управления потоками мощности или другими сетевыми переменными, такими как напряжение или токи короткого замыкания. Также они могут предоставлять возможности для управления архитектурами сети в условиях чрезвычайных ситуаций.
- Быстродействующие коммутационные устройства и интеллектуальная защита. В результате исследований были достигнуты значительные успехи в области коммутационных устройств, что привело к уменьшению стоимости и увеличению срока службы. Защита стала более эффективной и может самостоятельно адаптироваться к окружению.
- Высокопроизводительные и экономически эффективные датчики, сопоставленные или не сопоставленные с существующими устройствами: Распределительные сети, например,



оснащены неэффективными измерительными приборами, что создает проблему наблюдаемости этих сетей. Появление недорогих датчиков в сочетании с соответствующими коммуникационными возможностями создает дополнительные перспективы наблюдаемости.

- Усовершенствованная EMS (система управления энергопотреблением) и особенно DMS (система управления распределением): данные функции могут находиться в традиционных центрах управления или быть рассредоточены по распределительным сетям (программируемой подстанции или децентрализованному устройству управления и сбора данных SCADA).

- Накопители энергии. Несмотря на то, что на сегодняшний день возможности накопления энергии в больших масштабах чрезвычайно скудны, а общая стоимость данной операции относительно высока, в будущем можно ожидать значительного прогресса, особенно в отношении развития непостоянных источников возобновляемой энергии.

- Сверхпроводниковые устройства. В частности, они включают в себя ограничители тока короткого замыкания и сверхпроводящие кабели в интеллектуальной сети на уровне управления цепи «устранения повреждения» или на уровнях управления напряжением и потоками энергии.

После нескольких десятилетий постепенного развития энергетические системы претерпевают колоссальные изменения под влиянием таких факторов, как возрастающие потребности в интеграции возобновляемых видов энергии, устаревание оборудования, недостаточная энергоэффективность и усиливающаяся обеспокоенность по поводу уязвимости системы при увеличении количества действующих лиц в условиях либерализации энергетических рынков. Эксплуатация энергосистем становится все более трудоемкой, что в итоге потребует широкого внедрения интеллекта в интересах обеспечения безопасности, экономичности и эффективности, создавая при этом предпосылки к возникновению концепции «умных энергосистем».

В настоящее время эксплуатация электрических сетей базируется на четырех сегментах, обусловленных структурой глобальной электроэнергетической системы:

- большая часть электроэнергии производится крупными электростанциями, расположенными в стратегических точках единой энергетической системы;

- передающая электрическая сеть осуществляет передачу электроэнергии от электростанций в центры энергопотребления и распределительные сети. Она является основанием всей системы энергоснабжения и оснащена самым современным оборудованием. Управление электрической сетью осуществляется централизованно в соответствии с принятой иерархией;

- распределительные сети занимают место между передающей сетью и конечным

пользователем. Они соединены с передающей сетью через «подстанции», посредством трансформаторов. В силу экономических причин и ради упрощения эксплуатации распределительные сети в основном используются в радиальных структурах. В условиях отсутствия значительных местных источников энергии распределительные сети характеризуются однонаправленностью потока энергии (энергия всегда идёт в одном направлении, от подстанции к конечному пользователю);

- конечные пользователи, являющиеся преимущественно пассивными клиентами, характеризуются нерегулируемыми нагрузками и не участвуют в управлении системой.

Первые три сегмента, хоть они и институционально разделены по четко определенным сферам ответственности, тесно взаимосвязаны и подчиняются конкретным физическим законам, в частности, балансу производства-потребления и техническим ограничениям. В целом эта система была разработана с целью производства, передачи и распределения электрической энергии в соответствии с лучшими стандартами качества, безопасности и экономии. Считаясь самой сложной системой из всех когда-либо построенных человеком, она состоит из миллионов километров проводов и кабелей, генераторов, трансформаторов, точек подсоединения и т. д. Она объединяет в себе несколько уровней напряжения, современные средства защиты, контрольное оборудование и центры управления.

Французская энергосистема, например, включает в себя 1 300 000 км линий электропередачи и кабелей. Кроме того, большинство электроэнергетических систем на континентах связаны между собой, придавая им огромные размеры, в то время как контроль все еще остается ограниченным в масштабах.

Сегмент конечного пользователя также заметно эволюционировал. Действительно, потребители, которые были «пассивными» и не взаимодействовали динамически с электроэнергетической системой, в настоящее время находятся в процессе преобразования, в особенности благодаря разработке интеллектуального счетчика и связанных с ним серверов и электрогенераторов. Они, например, имеют возможности управления нагрузкой, что позволяет им участвовать в разрешении некоторых сетевых ограничений, снижая пиковое потребление или предлагая другие услуги, необходимые системе.

Помимо этого, с развитием распределенной энергетики конечный пользователь может, будучи потребителем, стать еще и производителем или источником накопления энергии. Таким образом, потребитель становится «активным» или даже «сверхактивным», когда открываются возможности по регулированию нагрузки, местному производству или накоплению энергии, в зависимости от требований законодательства, структуры рынка или доступных технологий. Кроме того, ожидаемое развитие гибридных и электрических транспортных средств с их зарядными характеристиками и возможностями хранения будет

способствовать усложнению управления системой. Эти изменения вдохновляют инженеров и исследователей на разработку нетрадиционных решений для преодоления проблем и удовлетворения меняющихся потребностей, сводя к минимуму вложения в систему и оптимизируя всю энергетическую цепь.

В последнее десятилетие происходит активное внедрение передовых цифровых технологий в отрасли топливно-энергетического комплекса, что ведет за собой повышение эффективности деятельности предприятий посредством изменений внутренних бизнес-процессов, а также модернизации производственных мощностей. Дальнейшее активное освоение цифровых технологий и их практическое применение в деятельности отраслевых компаний откроет еще большие возможности и экономические выгоды. Как следствие, использование цифровых технологий в комплексных решениях приведет к изменению бизнес-среды, а также к повышению конкуренции для всех отраслевых предприятий.

По мнению большинства специалистов, масштаб данной трансформации требует системного целевого видения цифровизации на уровне отрасли. При этом, неотъемлемой частью цифровой трансформации должно выступать грамотное государственное регулирование. Энергетическая отрасль российского рынка не обладает данным опытом, однако, партнеры Сколково, а именно, французская электроэнергетическая компания EDF, руководство которой несколько лет назад обозначило необходимость создания единой коммуникационной площадки с участием компаний и экспертного сообщества, сформировала свою интегрированную позицию по задачам цифровизации энергетической отрасли.

Компания EDF, которая занимает лидирующие позиции на рынке Европы по объему своих производственных мощностей, неотъемлемой частью своей деятельности видит инновации и современные информационно-коммуникационные технологии, которые позволяют создавать smart-продукты, делающие жизнь потребителя и окружающую среду только лучше.

В 2015 году на базе компании была создана уникальная площадка EDF Pulse, соединившая в себе инновации и науку, тем самым дав начинающим стартапам возможность реализовать свои инновационные проекты в различных сферах жизни. Данная инициатива нашла отклик у сотен рабочих групп, занимающихся разработкой инновационных продуктов, но не имевших ранее возможность их реализовать. Компания EDF тем самым дала мощный толчок для развития определенной сферы ТПК, а именно цифровой электроэнергетики, которая помогает разрабатывать smart- продукты для жизни потребителей и компаний международного уровня в условиях активной цифровизации большинства отраслей экономики.

Исходя из выше сказанного, далее хотелось бы рассмотреть реализованные проекты компании, в основе которых лежат цифровые технологии. Представленные продукты компании EDF направлены на интеллектуальное потребление энергии, что лежит в основе идеи научно- производственного комплекса компании о создании «Умного города» нового поколения.

Данную концепцию сотрудники научно-производственного центра компании разрабатывают уже больше пятнадцати лет, и за это время им удалось достичь грандиозных результатов. Каждый год научная площадка EDF Pulse организывает конкурс на лучший инновационный проект в одной из трех категорий: «умный дом», «здоровье», «чистая энергетика». Лидирующее положение занимает категория «умный дом», что говорит об озабоченности разработчиков проектов здоровьем и комфортном потребителем.

Одной из последних разработок EDF Pulse является приложение E.quilibre, которое представляет собой своеобразный он-лайн сервис. Доступ к E.quilibre может получить любой клиент со своего личного кабинета на официальном сайте приложения. Визуальный интерфейс приложения достаточно прост и удобен в применении, что не вызовет сложностей у лиц пожилого возраста. Данная разработка помогает потребителю следить за уровнем потребляемой энергии и газа в режиме реального времени. Кроме того, приложение позволяет оптимизировать расходы на электроэнергию, если потребитель использует умный счетчик Linky™.

Linky™ - это продвинутый счетчик следующего поколения, который построен на технологии дистанционного управления для удаленной передачи данных по распределительной сети. В период между 2013 и 2015 годами был осуществлен пробный запуск данного проекта, результатами которого стало создание двухсот пятидесяти тысяч метров распределительной сети с использованием умного счетчика Linky™. Компания EDF планирует установить по всей территории Франции распределительную сеть в тридцать пять миллионов метров к 2020 году, основываясь на инновационной технологии Linky™.

Эффективную работу распределительных сетей обеспечивают «умные» метры, которые предоставляют потребителям быстрый доступ к данным о потреблении энергии. Кроме того, данная технология имеет функцию распознавания возникшей на линии проблемы с удаленного доступа, не требуя вызова специалиста и не тратя время на диагностику.

Еще одна разработка, контролирующая суммы платежей за электроэнергию и позволяющая регулировать температуру воздуха в помещении – это Sowe.

Устройство Sowe представляет собой модификацию пульта управления, который настроен на контроль отопления в помещении, а также на регулирование работы всех «умных» устройств, находящихся в радиусе ста метров, что обеспечит максимальный

комфорт. Данный проект представлен на рынке Франции с конца 2016 года, и компания EDF планирует, что в течение ближайших десяти лет устройство Soweе будет использоваться каждым пятым потребителем.

В дальнейшей перспективе научно-производственный центр компании EDF планирует модернизировать данный проект для потребителей, использующих в повседневной жизни электромобили и солнечные батареи. Усовершенствованное устройство Soweе будет рассчитано на самостоятельное управление и автономный контроль производства энергии всех «smart»-устройств, имеющихся у потребителя.

Касательно электромобилей, уже созданы десятки многофункциональных пунктов посредничества и информирования (PIMMS), созданные специально для потребителей, которые могут неожиданно столкнуться с проблемой доступа к особым источникам энергии. Данный проект был создан компанией EDF при поддержке партнеров и государственных служб, участвующих в координации деятельности социальных служб различных регионов Франции. В настоящее время проект реализован в количестве пятидесяти пяти центров, которые первоначально были расположены в крупнейших городах Франции, но теперь происходит активное распространение в сельские районы благодаря мобильным сетевым структурам.

Долгие годы ведущие специалисты в области информационно-коммуникационных технологий, инноваций и IT-технологий проводят исследования по созданию концепции «Умный город», неотъемлемой частью которой считалась идея о полной автоматизации всех процессов, делающих жизнь потребителей практичнее и комфортнее. Однако, относительно недавно лидеры глобального рынка электроэнергетики задумались о проблеме защиты окружающей среды, здоровье и безопасности потребителей, тем самым поставив перед собой задачу «чистого» производства энергии без вреда здоровью потребителей и всеобщего состояния экологической системы нашей планеты.

Российский рынок электроэнергетики не имеет реализованных проектов такого масштаба как упомянутый выше опыт французской энергетической компании EDF. Современные реалии диктуют свои жесткие требования к рынку энергетики, и для того, чтобы занять лидирующие позиции, топливно-энергетическому комплексу России необходимо создать принципиально новую, мощную платформу, в основу которой будет заложен комплекс мероприятий по ключевым направлениям, а именно:

- система координации цифровой трансформации ПЭК РФ;
- единая информационно-коммуникационная энергетическая среда;
- нормативно-техническая база производственных мощностей и нормативно-правовая база, регулирующая новый «цифровой» уклад энергетики;

- подготовка высококвалифицированных кадров, обладающих уникальными компетенциями;
- цифровизация управления и контрольно-надзорной деятельности ТЭК на государственном уровне.

Подход, используемый компанией EDF, к изменению внутренних бизнес-процессов и выведению цифровых технологий в энергетической отрасли на новый уровень, позволили компании создать некий баланс с одной стороны, стимулов для успешного технологического развития компаний и привлечения инвестиций, а с другой — требований по обеспечению надежности и безопасности работы объектов ТЭК. Кроме того, единый взгляд на приоритеты цифровой трансформации на уровне отрасли позволит создать на основе общих для всех стандартов доверенную цифровую среду. Она состыкует в себе различные цифровые решения и обеспечит максимизацию всех преимуществ, которые несет в себе цифровизация, а также ускорит выход на экспорт высокотехнологичных российских решений.

Национальный энергетический рынок приоритетной задачей ставит перед собой победу в глобальной технологической гонке, а также формулировку целевого направления цифровизации, которое обеспечит соединение финансового и интеллектуального потенциалов. Умные сети, цифровые подстанции, возобновляемая энергетика - все это активно внедряется в отраслях ТЭК России.

Цифровые технологии предполагают создание и внедрение новых методов коммуникации с потребителями. Если раньше взаимодействие между компаниями и потребителями было одностороннее: о товарах и услугах потребители узнавали через рекламу и СМИ, то теперь же появилась обратная связь, где отзывы покупателей играют более важную роль, чем реклама в СМИ.

Цифровые технологии затрагивают все важные элементы организации, из чего следует возможность комплексного обследования на предмет готовности к данным трансформациям. Эффективная цифровая трансформация предприятия требует мастерства в двух видах руководящей деятельности: в разработке инновационных идей и их внедрения во всех бизнес-процессы организации.

Для эффективного развития в условиях цифровой трансформации в энергетической отрасли предприятиям необходимо обладать подходящей управленческой стратегией и целым набором компетенций. Благодаря упомянутым составляющим организация будет способна более гибко воспринимать внутренние и внешние изменения своих бизнес-процессов и успешно создавать инновационные продукты и бизнес-модели.

Таким образом, предприятие сохранит свою организационную маневренность независимо от масштабов производства, будет способно обеспечить баланс между

накопленным и полученным опытом и созданием новых стратегий управления. Цифровизация энергетической отрасли только начинается, но уже сейчас ведется активная работа по внедрению инновационных решений по вопросам производства на предприятиях, по созданию новых специфических, уникальных контрольно-надзорных функций на государственном уровне, по трансформации профессионального образования для подготовки будущих специалистов в области цифровой энергетики.

Ключевыми результатами реализации данных мероприятий должно стать повышение эффективности деятельности предприятий топливно- энергетического сектора экономики РФ, оптимизация бизнес-процессов «smart»-сетей газораспределения и электрических «smart»-сетей, повышение уровня технического состояния производственных фондов электроэнергетики и рост надежности электроснабжения потребителей.

## **2.2 Формирование логистических хабов при интенсификации международных грузопотоков по северному морскому пути**

Северный Морской Путь, с точки зрения логистики, представляет собой транспортный маршрут, пролегающий через воды Северного Ледовитого океана, образующий единую транспортную систему с арктическими морями.

Развитие Северного Морского Пути влияет на функционирование хозяйственных комплексов Арктического района и на экономику страны в целом. Роль Северного Морского Пути зависит от ряда весомых факторов, связанных с протяженностью северных береговых линий, транснациональным и геополитическим значением морского судоходства в зоне Арктики.

Вопросы использования морского пути как международного транспортного коридора с целью максимизации положительных эффектов, решает арктическая экономика. Для формализации проектирования грузопотоков в условиях интенсификации использования Северного Морского Пути, обеспечения круглогодичного навигационного цикла трасс, следует разработать понятийный аппарат формирования логистических хабов. Арктическая экономика участвует в решении ряда логистических вопросов, таких как: обеспечение путевой безопасности морского транспорта, обслуживание судов, центров связи, центров и терминалов по обработке грузов.

Создание логистических решений для СМП, позволяющих усовершенствовать транспортную систему, оптимизировать использование морского пути и усилить контроль за безопасностью, является одним из приоритетов экономического развития России.

Эффективность обеспечения грузопотоков Северным Морским Путем обусловлена тем, что альтернативные способы доставки товаров, оборудования и энергоносителей в северные регионы России являются более дорогостоящими. В перспективе для освоения новых месторождений Ямальского, Тимано-Печерской провинции, Баренцева и Карского морей особое влияние окажет именно Северный Морской Путь за счет низко затратной логистической составляющей по обеспечению функционирования промышленных объектов и инфраструктуры.

В настоящее время основные пути кораблей пролегают через Суэцкий канал и Средиземное море, но даже с учетом высокого качества организационного процесса, при перегруженности пропускной системы, ожидание очереди прохода пропускного пункта может занять более двух суток.

Северный Морской Путь – наиболее короткий морской маршрут между Восточной Азией и Европой. Он охватывает территорию морей Северного Ледовитого океана, таких как Баренцево, Лаптево, Чукотское и др. Основными портами СМП являются Мурманск, Архангельск, Нарьян-Мар, Сабетта, Дудинка, Игарка, Диксон и Певек. Порт Дудинка, к тому же, является границей между Восточным и Западным секторами Арктики. Значение Северного Морского Пути в международных масштабах очень велико. СМП способен не только сократить длительность перевозок грузов, но и существенно уменьшить финансовые затраты предпринимателей на обеспечение прохода судна.

Целью исследования является оценка перспектив развития Северного Морского Пути как совокупности международных логистических хабов.

Под логистическим хабом стоит понимать логистические парки, мультимодальные комплексы, предназначенные для обработки, проверки и контроля большого объема грузов. При этом товары в логистических хабах не только складываются и обрабатываются, но и перераспределяются по маршрутам.

В настоящее время, разрабатывается интерактивная логистическая система Северного Морского Пути. Основная цель данной системы – объединение всех доступных ресурсов РФ в арктическом участке для привлечения наибольшего количества партнеров и клиентов. Под логистической системой стоит понимать такую совокупность элементов, которая образует целостность для управления материальными потоками систему, начиная с поставки сырьевых продуктов до поставки конечному потребителю различных сборных грузов. Данная система обладает обратными связями, которые выполняют определенные контролирующие-учетные функции и операции в сфере логистики. В контексте Северного Морского Пути, логистической системой является совокупность морских путей и портов в Арктической зоне, являющихся транспортным коридором для России, Азии, Европы и США.



Увеличение оборота товаротранспортного трафика внутри страны между Дальним Востоком и Северо-Западом России, а также обеспечение подконтрольной РФ связи морских магистралей Азии и Европы является приоритетной задачей России, которая может быть решена развитием и оптимизацией логистической системы СМП.

Один из наиболее репрезентативных маршрутов, которые, как было доказано, позволяют сэкономить на расстоянии доставки через СМП, - это маршрут из Иокогамы, Япония, в Роттердам в Европе. В этом исследовании будут рассмотрены конкретные страны, которые могут получить выгоду от эффекта сокращения дистанции через СМП.

Во-первых, для этого Европа была условно разделена на три географические области. Имеется девять стран Скандинавии вдоль Балтийского моря: Норвегия, Швеция, Финляндия, Россия, Эстония, Латвия, Литва, Польша, Дания и семь стран в Северной Европе: Исландия, Германия, Нидерланды, Бельгия, Великобритания и Франция. Также были рассмотрены представительские порты трех стран на Пиренейском полуострове и западе Средиземного моря - Португалии, Испании и Италии. Что касается Азии, то в анализ были включены восемь крупных портов в Китае, Корее, Японии, Тайване, Гонконге, Филиппинах, Камбодже, Таиланде, Сингапуре и Индонезии. Другими словами, к рассмотрению были выбраны северо-западный регион в Европе и страны правобережной Азии.

Расстояние доставки от портов в выбранных странах до Суэцкого канала может быть измерено программой Netpas, разработанной для профессионального измерения маршрутов доставки. Тем не менее, до сих пор имеются трудности при измерении расстояния по СевМорПути, так как коммерческое использование СМП еще не было запущено в полной мере. На данный момент имеются следующие измерения: 3184 NM - расстояние между самой западной частью маршрута - Мурманском и самым восточным портом - Провидения. Таким образом, если дополнительно взять в расчет расстояние от европейских портов до Мурманска, и от Провидения до азиатских портов по программе Netpas, мы можем получить общее понимание относительно логистической протяженности СевМорПути с возможностью выбора оптимального экономически выгодного маршрута для большинства стран на мировой арене.

Используя вышеупомянутую систему просчета оптимального маршрута, возможно вывести значения эффект экономии в морской логистике. К примеру, маршрут из Китая можно построить таким образом, чтобы сократить расстояние доставки в регион вдоль Балтийского моря и восьми основных портов в Северной Европе. Пусан, Корея, может извлечь выгоду из сокращения дистанции до Лиссабона, Португалии, а Япония также может получить положительный результат при доставке в Валенсию и Испания.

Таблица 2.1 – Сокращение дистанции по маршрутам через СМП Единица измерения – морская миля

| Страны      |                        | China  |         |         |           |        |        |           |            | Korea | Japan |
|-------------|------------------------|--------|---------|---------|-----------|--------|--------|-----------|------------|-------|-------|
|             |                        | Dalian | Tianjin | Qingdao | Shang-hai | Ningbo | Xiamen | Shen-zhen | Guang-zhou | Busan | Tokyo |
| Russia      | St Petersburg          | 3,325  | 3,317   | 3,223   | 2,986     | 2,961  | 2,024  | 1,505     | 1,505      | 3,706 | 4,464 |
| Poland      | Gdynia                 | 3,325  | 3,317   | 3,223   | 2,986     | 2,961  | 2,024  | 1,505     | 1,505      | 3,706 | 4,464 |
| Sweden      | Gothenburg             | 3,325  | 3,317   | 3,223   | 2,986     | 2,961  | 2,024  | 1,505     | 1,505      | 3,706 | 4,464 |
| Norway      | Oslo                   | 3,356  | 3,348   | 3,254   | 3,016     | 2,992  | 2,055  | 1,536     | 1,536      | 3,737 | 4,495 |
| Denmark     | Aarhus                 | 3,325  | 3,317   | 3,223   | 2,986     | 2,961  | 2,024  | 1,505     | 1,505      | 3,706 | 4,464 |
| Finland     | Helsinki               | 3,325  | 3,317   | 3,223   | 2,986     | 2,961  | 2,024  | 1,505     | 1,505      | 3,706 | 4,464 |
| Estonia     | Tallinn                | 3,325  | 3,317   | 3,223   | 2,986     | 2,961  | 2,024  | 1,505     | 1,505      | 3,716 | 4,464 |
| Latvia      | Riga                   | 3,325  | 3,317   | 3,223   | 2,986     | 2,961  | 2,024  | 1,505     | 1,505      | 3,716 | 4,464 |
| Lithuania   | Klaipeda               | 3,325  | 3,317   | 3,223   | 2,986     | 2,961  | 2,024  | 1,505     | 1,505      | 3,716 | 4,464 |
| Iceland     | Reykjavik              | 3,397  | 3,389   | 3,295   | 3,057     | 3,033  | 2,096  | 1,577     | 1,577      | 3,787 | 4,536 |
| Germany     | Bremen/<br>Bremerhaven | 2,992  | 2,984   | 2,890   | 2,652     | 2,628  | 1,690  | 1,172     | 1,172      | 3,373 | 4,131 |
| Netherlands | Rotterdam              | 2,701  | 2,693   | 2,599   | 2,361     | 2,337  | 1,400  | 881       | 881        | 3,082 | 3,840 |
| Belgium     | Antwerp                | 2,629  | 2,621   | 2,527   | 2,289     | 2,265  | 1,328  | 809       | 809        | 3,010 | 3,768 |
| UK          | Felixstowe             | 2,621  | 2,614   | 2,519   | 2,282     | 2,257  | 1,320  | 801       | 801        | 3,002 | 3,760 |
| Ireland     | Dublin                 | 2,487  | 2,479   | 2,385   | 2,147     | 2,123  | 1,185  | 667       | 667        | 2,868 | 3,626 |
| France      | Le Havre               | 2,343  | 2,336   | 2,241   | 2,004     | 1,980  | 1,042  | 524       | 524        | 2,725 | 3,483 |
| Portugal    | Lisbon                 | 682    | 675     | 580     | 343       | 319    | -619   | -1,138    | -1,138     | 1,063 | 1,822 |

Источник: Netpas program 2015

Помимо районов Кореи, Китая и Японии, другими странами-бенефициарами являются такие страны как: Тайвань, Гонконг и Филиппины. Перечисленные страны так же могут выстроить более короткие маршруты доставки в регионы вдоль Балтийского моря и стран Северной части Европы. Также стоит отметить, что расположение портов в таких странах как Вьетнам, Камбоджа, Таиланд, Сингапур и Индонезия никак не влияет на протяженность маршрута в случае необходимости их посещения.

Таблица 2.2 – Сокращение дистанции по маршрутам через СМП Единица измерения – морская миля (продолжение)

| Category  |               | Taiwan<br>Kaohsiung | Hong Kong | Philippines<br>Manila | Vietnam Ho<br>Chi Minh | Cambodia<br>Sihanou-<br>ville | Thailand<br>Lame<br>Chabang | Singapore | Indonesia<br>Tanjung<br>Priok |
|-----------|---------------|---------------------|-----------|-----------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------|-------------------------------|
| Russia    | St Petersburg | 1,959               | 1,535     | 1,199                 | -362                   | -403                          | -446                        | -1,208    | -218                          |
| Poland    | Gdynia        | 1,959               | 1,535     | 1,199                 | -362                   | -403                          | -446                        | -1,208    | -218                          |
| Sweden    | Gothenburg    | 1,959               | 1,535     | 1,199                 | -362                   | -403                          | -446                        | -1,208    | -218                          |
| Norway    | Oslo          | 1,990               | 1,566     | 1,230                 | -331                   | -372                          | -415                        | -1,177    | -187                          |
| Denmark   | Aarhus        | 1,959               | 1,535     | 1,199                 | -362                   | -403                          | -446                        | -1,208    | -218                          |
| Finland   | Helsinki      | 1,959               | 1,535     | 1,199                 | -362                   | -403                          | -446                        | -1,208    | -218                          |
| Estonia   | Tallinn       | 1,959               | 1,535     | 1,199                 | -362                   | -403                          | -446                        | -1,208    | -218                          |
| Latvia    | Riga          | 1,959               | 1,535     | 1,199                 | -362                   | -403                          | -446                        | -1,208    | -218                          |
| Lithuania | Klaipeda      | 1,959               | 1,535     | 1,199                 | -362                   | -403                          | -446                        | -1,208    | -218                          |

|             |                        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Iceland     | Reykjavik              | 2,031  | 1,607  | 1,271  | -290   | -331   | -374   | -1,136 | -146   |
| Germany     | Bremen/<br>Bremerhaven | 1,625  | 1,202  | 865    | -696   | -736   | -779   | -1,541 | -552   |
| Netherlands | Rotterdam              | 1,335  | 911    | 575    | -986   | -1,027 | -1,070 | -1,832 | -842   |
| Belgium     | Antwerp                | 1,263  | 839    | 503    | -1,058 | -1,099 | -1,142 | -1,904 | -914   |
| UK          | Felixstowe             | 1,255  | 832    | 495    | -1,066 | -1,107 | -1,150 | -1,912 | -922   |
| Ireland     | Dublin                 | 1,121  | 697    | 360    | -1,200 | -1,241 | -1,284 | -2,046 | -1,056 |
| France      | Le Havre               | 977    | 554    | 217    | -1,344 | -1,385 | -1,427 | -2,190 | -1,200 |
| Portugal    | Lisbon                 | -684   | -1,107 | -1,444 | -3,005 | -3,046 | -3,088 | -3,851 | -3,400 |
| Spain       | Valencia               | -1,886 | -2,309 | -2,646 | -4,207 | -4,248 | -4,291 | -5,053 | -3,524 |
| Italy       | Gioia Tauro            | -3,230 | -3,653 | -3,990 | -5,551 | -5,592 | -5,634 | -6,396 | -5,407 |

Источник: Netpas program 2015

Существуют также противоречивые мнения о том, что эффект экономии расстояния не может гарантировать сокращение времени доставки. Основная причина этого заключается в том, что скорость судна может значительно снизиться в скованной льдами части арктических вод. Таким образом, при расчетах следует применять 18 морских миль в час в качестве средней экономически выгодной скорости контейнеровозов по маршруту. В случае необходимости внесения коррективов для более точного просчета экономии перевозки, следует учитывать среднюю скорость плавания по оледенелым участкам до 3 морских миль в час. Кроме того, если, исходя из данных о глобальном потеплении предположить, что арктические воды будут открыты к эксплуатации в течение трех месяцев и позволит осуществлять движение через СМП, то возможно применять за постоянный обледенелый промежуток 700 морских миль. При условии действия маршрута в течение шести месяцев, возможно применять 300 морских миль, и в случае функционирования пути в течении круглого года – поправка на обледенение маршрута не используется. Исходя из этого предположения, мы можем оценить эффекты сокращения времени на доставку, как показано в таблице 3. При этом, все китайские порты не будут иметь экономически выгодного эффекта в случае, если СМП доступен только в течение трех месяцев. К тому же, для Кореи эффект экономии времени будет минимальным - менее одного дня для стран Балтийского моря и Северной Европы. В случае Японии можно сэкономить от одного до двух дней, если она отправляется в страны, расположенные на северной стороне Европы.

Таблица 2.3 – Сокращение времени плавания через СМП/ Единица измерения: дней; период – 3 месяца

| Category     |                        | China  |         |         |           |        |        |           |            | Korea | Japan |
|--------------|------------------------|--------|---------|---------|-----------|--------|--------|-----------|------------|-------|-------|
|              |                        | Dalian | Tianjin | Qingdao | Shang-hai | Ningbo | Xiamen | Shen-zhen | Guang-zhou | Busan | Tokyo |
| Russia       | St Petersburg          | -0.4   | -0.4    | -0.6    | -1.2      | -1.2   | -3.4   | -4.6      | -4.6       | 0.5   | 2.2   |
| Poland       | Gdynia                 | -0.4   | -0.4    | -0.6    | -1.2      | -1.2   | -3.4   | -4.6      | -4.6       | 0.5   | 2.2   |
| Sweden       | Gothenburg             | -0.4   | -0.4    | -0.6    | -1.2      | -1.2   | -3.4   | -4.6      | -4.6       | 0.5   | 2.2   |
| Norway       | Oslo                   | -0.3   | -0.4    | -0.6    | -1.1      | -1.2   | -3.3   | -4.6      | -4.6       | 0.5   | 2.2   |
| Denmark      | Aarhus                 | -0.4   | -0.4    | -0.6    | -1.2      | -1.2   | -3.4   | -4.6      | -4.6       | 0.5   | 2.2   |
| Finland      | Helsinki               | -0.4   | -0.4    | -0.6    | -1.2      | -1.2   | -3.4   | -4.6      | -4.6       | 0.5   | 2.2   |
| Estonia      | Tallinn                | -0.4   | -0.4    | -0.6    | -1.2      | -1.2   | -3.4   | -4.6      | -4.6       | 0.5   | 2.2   |
| Latvia       | Riga                   | -0.4   | -0.4    | -0.6    | -1.2      | -1.2   | -3.4   | -4.6      | -4.6       | 0.5   | 2.2   |
| Lithuania    | Klaipeda               | -0.4   | -0.4    | -0.6    | -1.2      | -1.2   | -3.4   | -4.6      | -4.5       | 0.5   | 2.2   |
| Iceland      | Reykjavik              | -0.2   | -0.3    | -0.5    | -1.0      | -1.1   | -3.3   | -4.5      | -4.5       | 0.7   | 2.4   |
| Germany      | Bremen/<br>Bremerhaven | -1.2   | -1.2    | -1.4    | -2.0      | -2.0   | -4.2   | -5.4      | -5.4       | -0.3  | 1.5   |
| Nether-lands | Rotterdam              | -1.8   | -1.9    | -2.1    | -2.6      | -2.7   | -4.9   | -6.1      | -6.1       | -1.0  | 0.8   |
| Belgium      | Antwerp                | -2.0   | -2.0    | -2.3    | -2.8      | -2.9   | -5.0   | -6.2      | -6.2       | -1.1  | 0.6   |
| UK           | Felixstowe             | -2.0   | -2.0    | -2.3    | -2.8      | -2.9   | -5.0   | -6.2      | -6.2       | -1.1  | 0.6   |
| Ireland      | Dublin                 | -2.3   | -2.4    | -2.6    | -3.1      | -3.2   | -5.4   | -6.6      | -6.6       | -1.5  | 0.3   |
| France       | Le Havre               | -2.7   | -2.7    | -2.9    | -3.5      | -3.5   | -5.7   | -6.9      | -6.9       | -1.8  | -0.0  |
| Portugal     | Lisbon                 | -9.3   | -9.3    | -9.5    | -10.1     | -10.1  | -12.3  | -15.5     | -13.5      | -8.4  | -5.7  |
| Spain        | Valencia               | -9.3   | -9.3    | -9.5    | -10.1     | -10.1  | -12.3  | -13.5     | -13.5      | -8.1  | -6.7  |
| Italy        | Gioia Tauro            | -12.4  | -12.4   | -12.7   | 13.2      | -13.3  | -15.4  | -16.6     | -16.6      | -11.5 | -9.8  |

Источник: Netpas program 2015

Так же, Тайвань, Гонконг и Филиппины не получают выгоды от эффекта экономии времени через СМП, если арктические воды открыто на трехмесячный период.

Таблица 2.4 – Сокращение времени плавания через СМП (продолжение) Единица измерения: дней; период – 3 месяца

| Category  |               | Taiwan<br>Kaohsiung | Hong Kong | Philippines<br>Manila | Vietnam<br>Ho Chi<br>Minh | Cambodia<br>Sihanou-<br>ville | Thailand<br>ame<br>Chabang | Singapore | Indonesia<br>Tanjung<br>Priok |
|-----------|---------------|---------------------|-----------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------|-------------------------------|
| Russia    | St Petersburg | -3.6                | -4.5      | -5.3                  | -8.9                      | -9.0                          | -9.1                       | -10.9     | -9.7                          |
| Poland    | Gdynia        | -3.6                | -4.5      | -5.3                  | -8.9                      | -9.0                          | -9.1                       | -10.9     | -9.7                          |
| Sweden    | Gothenburg    | -3.6                | -4.5      | -5.3                  | -8.9                      | -9.0                          | -9.1                       | -10.9     | -9.7                          |
| Norway    | Oslo          | -3.5                | -4.5      | -5.3                  | -8.9                      | -9.0                          | -9.1                       | -10.8     | -9.6                          |
| Denmark   | Aarhus        | -3.6                | -4.5      | -5.3                  | -8.9                      | -9.0                          | -9.1                       | -10.9     | -9.7                          |
| Finland   | Helsinki      | -3.6                | -4.5      | -5.3                  | -8.9                      | -9.0                          | -9.1                       | -10.9     | -9.7                          |
| Estonia   | Tallinn       | -3.6                | -4.5      | -5.3                  | -8.9                      | -9.0                          | -9.1                       | -10.9     | -9.7                          |
| Latvia    | Riga          | -3.6                | -4.5      | -5.3                  | -8.9                      | -9.0                          | -9.1                       | -10.9     | -9.7                          |
| Lithuania | Klaipeda      | -3.6                | -4.5      | -5.3                  | -8.9                      | -9.0                          | -9.1                       | -10.9     | -9.7                          |
| Iceland   | Reykjavik     | -3.4                | -4.4      | -5.2                  | -8.8                      | -8.9                          | -9.0                       | -10.7     | -9.5                          |

|             |                        |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Germany     | Bremen/<br>Bremerhaven | -4.3  | -5.3  | -6.1  | -9.7  | -9.8  | -9.9  | -11.7 | -10.4 |
| Netherlands | Rotterdam              | -5.0  | -6.0  | -6.8  | -10.4 | -10.5 | -10.6 | -12.3 | -11.1 |
| Belgium     | Antwerp                | -5.2  | -6.2  | -6.9  | -10.6 | -10.6 | -10.7 | -12.5 | -11.3 |
| UK          | Felixstowe             | -5.2  | -6.2  | -7.0  | -10.6 | -10.7 | -10.8 | -12.5 | -11.3 |
| Ireland     | Dublin                 | -5.5  | -6.5  | -7.3  | -10.9 | -11.0 | -11.1 | -12.8 | -11.6 |
| France      | Le Havre               | -5.8  | -6.8  | -7.6  | -11.2 | -11.3 | -11.4 | -13.2 | -11.9 |
| Portugal    | Lisbon                 | -9.7  | -10.7 | -11.4 | -15.1 | -15.2 | -15.3 | -17.0 | -15.8 |
| Spain       | Valencia               | -12.5 | -13.4 | -14.2 | -17.8 | -17.9 | -18.0 | -19.8 | -18.6 |
| Italy       | Gioia Tauro            | -15.6 | -16.6 | -17.3 | -21.0 | -21.0 | -21.1 | -22.9 | -21.7 |

Источник: Netpas program 2015

Однако, если предположить, что маршрут через арктические воды будет открыто круглый год, то суда смогут ходить со скоростью 18 морских миль по всем отрезкам СевМорПути. При этих условиях, все грузовые корабли, начинающие свой маршрут из портов между Далянем и Нинбао могут сэкономить время доставки грузов в Северную Европу примерно на пять-восемь дней. Пусан, Корея, может сократить время доставки во Францию примерно на шесть-девять дней, Япония также может выиграть от восьми до десяти дней благодаря экономии времени при использовании СМП.

Таблица 2.5 – Сокращение времени плавания через СМП Единица измерения: дней; период – 12 месяцев

| Category    |                        | China  |         |         |          |        |        | Korea    |           | Japan |       |
|-------------|------------------------|--------|---------|---------|----------|--------|--------|----------|-----------|-------|-------|
|             |                        | Dalian | Tianjin | Qingdao | Shanghai | Ningbo | Xiamen | Shenzhen | Guangzhou | Busan | Tokyo |
| Russia      | St Petersburg          | 7.7    | 7.7     | 7.5     | 6.9      | 6.9    | 4.7    | 3.5      | 3.5       | 8.6   | 10.3  |
| Poland      | Gdynia                 | 7.7    | 7.7     | 7.5     | 6.9      | 6.9    | 4.7    | 3.5      | 3.5       | 8.6   | 10.3  |
| Sweden      | Gothenburg             | 7.7    | 7.7     | 7.5     | 6.9      | 6.9    | 4.7    | 3.5      | 3.5       | 8.6   | 10.3  |
| Norway      | Oslo                   | 7.8    | 7.8     | 7.5     | 7.0      | 6.9    | 4.8    | 3.6      | 3.6       | 8.7   | 10.4  |
| Denmark     | Aarhus                 | 7.7    | 7.7     | 7.5     | 6.9      | 6.9    | 4.7    | 3.5      | 3.5       | 8.6   | 10.3  |
| Finland     | Helsinki               | 7.7    | 7.7     | 7.5     | 6.9      | 6.9    | 4.7    | 3.5      | 3.5       | 8.6   | 10.3  |
| Estonia     | Tallinn                | 7.7    | 7.7     | 7.5     | 6.9      | 6.9    | 4.7    | 3.5      | 3.5       | 8.6   | 10.3  |
| Latvia      | Riga                   | 7.7    | 7.7     | 7.5     | 6.9      | 6.9    | 4.7    | 3.5      | 3.5       | 8.6   | 10.3  |
| Lithuania   | Klaipeda               | 7.7    | 7.7     | 7.5     | 6.9      | 6.9    | 4.7    | 3.5      | 3.5       | 8.6   | 10.3  |
| Iceland     | Reykjavik              | 7.9    | 7.8     | 7.6     | 7.1      | 7.0    | 4.9    | 3.7      | 3.7       | 8.8   | 10.5  |
| Germany     | Bremen/<br>Bremerhaven | 6.9    | 6.9     | 6.7     | 6.1      | 6.1    | 3.9    | 2.7      | 2.7       | 7.8   | 9.6   |
| Netherlands | Rotterdam              | 6.3    | 6.2     | 6.0     | 5.5      | 5.4    | 3.2    | 2.0      | 2.0       | 7.1   | 8.9   |
| Belgium     | Antwerp                | 6.1    | 6.1     | 5.8     | 5.3      | 5.2    | 3.1    | 1.9      | 1.9       | 7.0   | 8.7   |
| UK          | Felixstowe             | 6.1    | 6.0     | 5.8     | 5.3      | 5.2    | 3.1    | 1.9      | 1.9       | 6.9   | 8.7   |
| Ireland     | Dublin                 | 5.8    | 5.7     | 5.5     | 5.0      | 4.9    | 2.7    | 1.5      | 1.5       | 6.6   | 8.4   |
| France      | Le Havre               | 5.4    | 5.4     | 5.2     | 4.6      | 4.6    | 2.4    | 1.2      | 1.2       | 6.3   | 8.1   |
| Portugal    | Lisbon                 | 1.6    | 1.6     | 1.3     | 0.8      | 0.7    | -1.4   | -2.6     | -2.6      | 2.5   | 4.2   |

|       |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Spain | Valencia    | -1.2 | -1.2 | -1.4 | -2.0 | -2.0 | -4.2 | -5.4 | -5.4 | -0.3 | 1.4  |
| Italy | Gioia Tauro | -4.3 | -4.3 | -4.6 | -5.1 | -5.2 | -7.3 | -8.5 | -8.5 | -3.4 | -1.7 |

Источник: Netpas program 2015

Тайвань, Гонконг и Филиппины будут иметь эффект от одного до пяти дней для стран, расположенных на севере Европы.

Таблица 2.6 – Сокращение времени плавания через СМП (продолжение) Единица измерения: дней; период – 12 месяцев

| Страна      |                        | Taiwan<br>Kaohsiung | Hong Kong | Philippines<br>Manila | Vietnam Ho<br>Chi<br>Minh | Cambodia<br>Sihanou-<br>ville | Thailand<br>Lame<br>Chabang | Singapore | Indonesia<br>Tanjung<br>Priok |
|-------------|------------------------|---------------------|-----------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------|-------------------------------|
| Russia      | St Petersburg          | 4.5                 | 3.6       | 2.8                   | -0.8                      | -0.9                          | -1.0                        | -2.8      | -1.6                          |
| Poland      | Gdynia                 | 4.5                 | 3.6       | 2.8                   | -0.8                      | -0.9                          | -1.0                        | -2.8      | -1.6                          |
| Sweden      | Gothenburg             | 4.5                 | 3.6       | 2.8                   | -0.8                      | -0.9                          | -1.0                        | -2.8      | -1.6                          |
| Norway      | Oslo                   | 4.6                 | 3.6       | 2.8                   | -0.8                      | -0.9                          | -1.0                        | -2.7      | -1.5                          |
| Denmark     | Aarhus                 | 4.5                 | 3.6       | 2.8                   | -0.8                      | -0.9                          | -1.0                        | -2.8      | -1.6                          |
| Finland     | Helsinki               | 4.5                 | 3.6       | 2.8                   | -0.8                      | -0.9                          | -1.0                        | -2.8      | -1.6                          |
| Estonia     | Tallinn                | 4.5                 | 3.6       | 2.8                   | -0.8                      | -0.9                          | -1.0                        | -2.8      | -1.6                          |
| Latvia      | Riga                   | 4.5                 | 3.6       | 2.8                   | -0.8                      | -0.9                          | -1.0                        | -2.8      | -1.6                          |
| Lithuania   | Klaipeda               | 4.5                 | 3.6       | 2.8                   | -0.8                      | -0.9                          | -1.0                        | -2.8      | -1.6                          |
| Iceland     | Reykjavik              | 4.7                 | 3.7       | 2.9                   | -0.7                      | -0.8                          | -0.9                        | -2.6      | -1.4                          |
| Germany     | Bremen/<br>Bremerhaven | 3.8                 | 2.8       | 2.0                   | -1.6                      | -1.7                          | -1.8                        | -3.6      | -2.3                          |
| Netherlands | Rotterdam              | 3.1                 | 2.1       | 1.3                   | -2.3                      | -2.4                          | -2.5                        | -4.2      | -3.0                          |
| Belgium     | Antwerp                | 2.9                 | 1.9       | 1.2                   | -2.4                      | -2.5                          | -2.6                        | -4.4      | -3.2                          |
| UK          | Felixstowe             | 2.9                 | 1.9       | 1.1                   | -2.5                      | -2.6                          | -2.7                        | -4.4      | -3.2                          |
| Ireland     | Dublin                 | 2.6                 | 1.6       | 0.8                   | -2.8                      | -2.9                          | -3.0                        | -4.7      | -3.5                          |
| France      | Le Havre               | 2.3                 | 1.3       | 0.5                   | -3.1                      | -3.2                          | -3.3                        | -5.1      | -3.8                          |
| Portugal    | Lisbon                 | -1.6                | -2.6      | -3.3                  | -7.0                      | -7.1                          | -7.1                        | -8.9      | -7.7                          |
| Spain       | Valencia               | -4.4                | -5.3      | -6.1                  | -9.7                      | -9.8                          | -9.9                        | -11.7     | -10.5                         |
| Italy       | Gioia Tauro            | -7.5                | -8.5      | -9.2                  | -12.8                     | -12.9                         | -13.0                       | -14.8     | -13.6                         |

Источник: Netpas program 2015

На основании данных опроса с указанием предпочтений (SP), проведенного ChinaMerchants China Commerce & Logistics Corporation CJSC были получены данные на основании которых возможно рассчитать ожидаемые доли использования Нового Шелкового Пути (ESR) и Северного Морского Пути (СМП/NSR) в будущем.

Опрос SP - это метод, посредством которого представляется возможным получение более точных оценок. То есть респондентам предлагается выбирать более приоритетные варианты в зависимости от каждого конкретного исхода событий (сценария события), который, в свою очередь, еще не произошел. Другими словами, в условиях, если существующих фактических данных нет - используются другие методы, такие как: объем трафика и пропускная способность для прогнозирования при разработке новых морских логистических узлов.

Преимущество SP-опроса заключается в том, что исследователи могут контролировать текущее состояние эксперимента. Тем не менее, существуют и недостатки опроса SP, показывающие его ограниченность в методе опроса. Также стоит осветить существование определенных психологических факторов, влияющих на выбор того или иного ответа. «Склонность к утверждению» - фактор, позволяющий респондентам интерпретировать вопросник. Наличие данного фактора подтверждает их собственное сознательное и бессознательное состояние в момент ответа. Такой фактор как «Склонность к рационализации» показывает, как респонденты могут предоставить искусственные ответы, пытаясь рационализировать свои действия. «Предвзятость в ответе на политику» заставляет респондентов полагать, что их ответы повлияют на принятие ими решений и, следовательно, будут отвечать соответствующим образом. Наконец, «необъективная реакция» заставляет респондентов игнорировать ограничения фактов и реагировать нереально. По этим причинам, чтобы преодолеть недостаток SP-исследования, следует предположить гипотетическую ситуацию, которая должна соответствовать реальным условиям, что, в свою очередь, приведет к получению критической картины опроса, приближенной к реальности.

Респонденты-участники опроса состояли из экспедиторов и специалистов логистических компаний, за исключением судоходных лайнеров. Также не были включены компании-производители, так как их уровень использования СМП в настоящее время достаточно низкий, и это могло бы снизить результаты точности опроса.

Факторы, которые учтены и изложены выше - это финансовые затраты и время. Данные фактора являются наиболее важными при выборе маршрута доставки. При анализе опроса были исключены такие факторы как: морские волны в Арктике, портовая инфраструктура, стабильность судоходства, регулярность перевозок, способы обеспечения доставки судовых предметов, а также доступность баз снабжения нефтью и портовых услуг. Исключение этих факторов обуславливается, в первую очередь, трудоемкостью процесса преобразования этих данных в конкретные числа, что, в свою очередь, усложняет содержание вопросника и может негативно повлиять на точность ответов. Что касается вариантов с переменными времени, стоит рассмотреть максимальные 10-дневные эффекты экономии, вызванные использованием СМП. В связи с этим было рассмотрено три варианта исхода события (три сценария): нулевой эффект экономии времени, аналогичный текущему уровню, пятидневный эффект экономии и десятидневный эффект экономии. Что касается «сценариев по затратам», были рассмотрены экспертные советы по асимметричной эластичности цены спроса. Таким образом, было разработано пять вариантов исхода событий (сценариев) путем распределения затрат на доставку по СМП на

120, 110, 100, 80 и 70 процентов стоимости существующего маршрута по Суэцкому каналу соответственно. В таблице ниже приведены результаты анализа опроса SP. При начале опроса, респондентам был задан вопрос о готовности использования СМП, варьируя стоимость и время, а также исходя из предположения, что стоимость за TEU установлена на уровне 1000 ~ 1500 долларов за TEU, а СевМорПуть открыт в течение 30 дней.

Анализ показывает, что доля Северного Морского Пути, как ожидается, составит около 20 процентов от общего объема логистических маршрутов, при условии, что время доставки посредством Северного Морского Пути останется таким же как и время, затраченное при транспортировке по Южному Перекрестному Маршруту (ЮПМ/SCR). Стоит отметить тот факт, что при равных затратах на доставку как по Южному Пути, так и по Северному Пути, время доставки через СМП, в определенных условиях, может сократиться на период до 5-ти дней. Таким образом, в данном случае, доля перевозок через Северный путь составит около 72 процентов от общего объема логистических транспортировок мировой морской логистики. Кроме того, оказывается, что 96 процентов респондентов выберут СевМорПуть, если они смогут сэкономить до 10 дней при условии сохранения уровня стоимостных затрат, что и при выборе стандартных маршрутов.

Таблица 2.7 – Сценарии перевозок через СевМорПуть (%)

| Стоимость через СМП | Время перевозки через СМП | % перевозок через СМП |
|---------------------|---------------------------|-----------------------|
| 120%                | 30days                    | 1%                    |
| 110%                | 30days                    | 5%                    |
| 100%                | 30days                    | 20%                   |
| 80%                 | 30days                    | 86%                   |
| 70%                 | 30days                    | 97%                   |
| 120%                | 25days                    | 10%                   |
| 110%                | 25days                    | 34%                   |
| 100%                | 25days                    | 72%                   |
| 80%                 | 25days                    | 98%                   |
| 70%                 | 25days                    | 100%                  |
| 120%                | 20days                    | 52%                   |
| 110%                | 20days                    | 84%                   |
| 100%                | 20days                    | 96%                   |
| 80%                 | 20days                    | 100%                  |
| 70%                 | 20days                    | 100%                  |

Источник: ChinaMerchants China Commerce & Logistics Corporation CJSC 2018

Проведение анализа затрат при использовании СевМорПути и Южного Перекрестного Маршрута (SCR) вызывает определенную сложность в виду влияния



многих других факторов, которые могут изменить стоимость транспортировки. Тем не менее, полученные значения, указанные в предыдущем разделе, можно использовать для расчета экономии времени при выборе маршрута.

Эффект сокращения временного показателя через СМП, в значительной степени, зависят от протяженности оледенелого участка и используемого, в соответствии с ледяным классом, судна, а, следовательно, и периода беспрепятственного использования СМП. Необходимо отметить отсутствие общедоступных данных об установленном периоде работы Северного Морского Пути. Однако, согласно Арктическому совету (AMSA) (2015), прогнозируется, что к 2040 году NSR будет свободно использоваться транспортными судами по 90–100 дней ежегодно без сопровождения ледоколов из-за глобального потепления. Марк Серрез из NSIDC (США) предсказал, что арктический лед полностью растает к 2030 году, если будет сохраняться современная метеорологическая ситуация. Кроме того, текущая протяженность оледенелого покрытия (по состоянию на июль 2014 г.) была даже ниже, чем в тот же период в 2007 г. В разрезе данной ситуации, было рассмотрено три этапа открытия Арктики: три месяца в 2018 году, шесть месяцев в 2022 году и девять месяцев в 2026 году, исходя из перспективы полноценной коммерциализации СМП к 2030 году. Рассчитывается ожидаемая экономия времени при использовании маршрутов в Европу из шести азиатских стран по данным маршрутам и оценки доли использования портов контейнерного трафика по СМП, что наглядно показано в таблицах 5-6. Также прогнозируется, что объем контейнерных перевозок достигнет показателя около 3 миллионов TEU в 2030 году. Доля объемов транспортировки через СМП составила 1,6 процента в 2015 году и планируется, что она составит 64,1 процента в 2030 году, при условии, что стоимость перевозки через СевМорПуть останется равной стоимости через ЮПМ.

Таблица 2.8 – Прогнозирование доли грузоперевозок через СевМорПуть (%)

| NSR cost | Share | 2015  | 2020  | 2025  | 2030  |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 120%     |       | 0.1%  | 1.2%  | 4.6%  | 9.7%  |
| 110%     |       | 0.3%  | 5.0%  | 16.9% | 31.6% |
| 100%     |       | 1.6%  | 16.0% | 40.2% | 64.1% |
| 80%      |       | 13.3% | 43.3% | 69.7% | 94.5% |
| 70%      |       | 20.2% | 47.3% | 72.1% | 96.4% |

Источник: ChinaMerchants China Commerce & Logistics Corporation CJSC 2018; AMSA (2015)

Для дальнейших исследований, связанных с отгрузкой по СМП, нам необходимо проанализировать себестоимость отгрузки и учитывать в дальнейшей деятельности тот факт, что критические проблемы связаны как с уровнем цены на нефть и нефтепродукты для кораблей, так и с тем, как будет высчитываться тарификация за сопровождение ледоколом. В силу того, что арктический маршрут все еще находится в первичной стадии развития, проведение исследований относительно различных рисков не может дать точную картину относительно коэффициента удорожания. Также, в дальнейшем, является необходимым провести оценку страхования доставки и продолжить изучение вопроса снижения логистических транспортных издержек путем развития логистических потоков Северного Морского Пути.

Площадь ледяного покрова в Арктике из года в год сокращается, что ведет к увеличению навигации вдоль северного побережья. В настоящий момент судоходство кораблями ледового класса возможно на протяжении трех месяцев, а с ледокольным сопровождением – круглогодично. Таким образом, появляется альтернатива постоянному логистическому маршруту между Дальним Востоком и Европой. А также развитие Северного Морского Пути является стратегически важным для отношений России, Китая и Восточной Азии, что благоприятно отразится на экономических и политических отношениях обеих стран.

Увеличение объемов морской логистики в результате мировой глобализации и расширения зоны свободной торговли усиливает преимущества СМП. Еще одна причина для использования СМП заключается в том, что весь промышленно развитый мир стремится к освоению неиспользованных природных ресурсов в районе арктического моря. И это не говоря, о наиболее важном значении Северного Морского Пути – как о безопасном, свободном от пиратства и ускоренном маршруте контейнерных перевозок между Западом и Востоком.

В результате можно сказать, что СМП имеет экономический эффект с точки зрения сокращения финансовых и временных затрат. И не стоит забывать о сборах за проезд по СМП, взимаемых Россией - что так же дает положительный эффект для нашей страны.

В опросе SP были собраны ответы от 20 процентов респондентов, корейских, китайских и европейских грузоотправителей и экспедиторов. 72 процента из них признали, что логистика через СевМорПуть может сэкономить около 5 дней, и 96 процентов из них заявили, что они выберут СМП, если это позволит сократить до 10-дневный.

В данном контексте особенно важным моментом является необходимость расчета соответствующего уровня платы за проезд, чтобы реализовать СМП как коммерческий маршрут доставки общего пользования. Кроме того, ожидается снижение уровня CO<sub>2</sub>,

чтобы защитить окружающую среду, а также получить рентабельный экономический эффект, если уровень платы за ледоколы останется на уровне, удовлетворяющем контрагентов.

Подводя итоги данного исследования, логичными являются следующие предложения по совершенствованию эффективной работы СПМ: Во-первых, необходимо основательно подойти к вопросу расчета и фиксирования платы за проезд в рамках коммерческого использования Северного Маршрута. Во-вторых, необходимо внести изменения в законодательную базу - то есть в UNCOLOS (Конвенция ООН по морскому праву) и Полярный кодекс, а также в систему поправок, связанных с СПМ. В-третьих, необходима разработка подходящего для СПМ судоходного транспорта в кратчайшие сроки. В-четвертых, необходимо обеспечить все хозяйственные связи в рамках нового глобального сотрудничества для активизации использования СПМ в общелогистических масштабах путем организации логистических хабов. В-пятых, необходима разработка программы подготовки моряков к условиям СПМ.

Таким образом, в данном исследовании был рассмотрен вопрос о том, как сделать коммерциализацию Северного Морского Пути осуществимой с точки зрения контейнерных грузов. Однако, становится очевидно, что существует ряд слабостей и ограничений при использовании данного маршрута. Поскольку экономическая ситуация постоянно меняется, любые результаты, полученные при анализе, приведенного в данном исследовании, могут быть изменены. Расходы могут варьироваться в зависимости от затрат на перевозку. Другие факторы могут меняться в зависимости от неконтролируемых внешних факторов, таких как цена на нефть, спрос и предложение судоходных компаний, политическая ситуация, эффективная политика защиты окружающей среды, уровень технологий и так далее. По этой причине были выявлены некоторые трудности при рассмотрении и предоставлении точного результата. Проведенный опрос ограничен с точки зрения количества респондентов, а также чувствительность к времени и логистическим затратам различается в зависимости от того, где расположены компании.

При проведении анализа были рассмотрены только две переменные: время и затраты. В действительности могут быть и другие факторы, такие как регулярность перевозок и портовая инфраструктура, которые фактически влияют на принятие решений грузоотправителями и экспедиторами.

Публикации по результатам исследования:

1. Schislyayeva, Sergei Barykin, Egor Kovalenko and Sergey Schislyayev. Formation of logistics hubs at an intensification of international freight flows on the Northern Sea Route. Elena
2. Ksenia Maiorova, Elena Schislyayeva, Elena Balashova and Sergei Schislyayev. Effect of Digital Technologies on the Energy Sector. International Experience. Russian Opportunity.

### **3 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области механики, материаловедения и прочности**

В течение 2017-2018 гг. в рамках НИР государственного задания были сформированы приоритетные направления и основные мероприятия (проекты) раздела 3 «Междисциплинарные исследования в области материаловедения, механики, прочности» Программы фундаментальных научно-исследовательских работ в Санкт-Петербурге на период до 2030 года, направленные на развитие научного и научно-технического потенциала Санкт-Петербурга в этой приоритетной междисциплинарной области. Проведена адаптация отдельных мероприятий раздела Программы к основным стратегическим документам, принятым федеральными органами государственной власти (Стратегии научно-технологического развития РФ и Национальным проектам «Наука»). Раздел программы содержит крупные, соответствующие мировым трендам, взаимоувязанные научно-технологические приоритеты и основные мероприятия (проекты), а именно: перспективные материалы, в том числе композиционные, включая наноматериалы и покрытия; конструкционная прочность и механика разрушения; экстремальные состояния материалов и конструкций, структурные превращения в сплошных средах, уровень развития которых в Санкт-Петербурге соответствует мировому или превосходит его.

Объект исследования – научный потенциал Санкт-Петербурга как элемент инновационного развития экономики РФ.

#### **3.1 Исследования в области механики, материаловедения и прочности по приоритетным направлениям, проводимые в Санкт-Петербурге**

В 2019 году были продолжены работы в рамках госзадания, часть работ была реализована в развитие соответствующих пунктов раздела 3 разработанной СПб НЦ РАН Программы фундаментальных научно-исследовательских работ в Санкт-Петербурге на период до 2030 года, по включенным в Программу и согласованным приоритетным направлениям раздела 3, а именно:

По приоритетному направлению – «Композиционные наноматериалы и покрытия» развиваются следующие основные мероприятия (Проекты) раздела:

– Создание научных принципов и разработка инновационной технологии получения композиционных порошковых материалов на основе управляемого

механохимического синтеза и самораспространяющегося высокотемпературного синтеза для аддитивных технологий.

– Разработка физико-химических основ и высокоэффективных методов получения наноструктурированных композиционных функционально-градиентных покрытий (ФГП) с рекордно высокими механическими, термическими, адаптивными и коррозионностойкими свойствами для работы в экстремальных условиях.

– Изучение принципов создания метаматериалов на базе композиционных периодических (квазипериодических) структур, эффективно взаимодействующих с электромагнитным излучением широкого диапазона частот.

– Разработка нового класса температуростойких полимерных композиционных материалов на основе наномодифицированных термопластичных матриц и полифункциональных покрытий для защитных экранов спецтехники от воздействия электромагнитного излучения. Разработка физико-химических основ создания антиобледенительных и радиационно-стойких покрытий для образцов новой техники (органосиликатные и реакционно связанные покрытия).

– Биосовместимые нанокompозиты для замены костной ткани.

– Биоразлагаемые полимерные композиционные материалы для медицины.

– Материалы с улучшенными функциональными характеристиками: свойства, применение, перспективы.

По приоритетному направлению «Конструкционная прочность и механика разрушения» развиваются следующие основные мероприятия (проекты):

– Междисциплинарные исследования в области физики прочности и механики разрушения конструкционных материалов, формулировка на их основе критериев прочности и работоспособности элементов атомных реакторов различного типа, работающих в экстремальных условиях воздействия тепловых и нейтронных полей, жесткого электромагнитного излучения и агрессивных сред.

– Разработка инновационных принципов создания конструкционных материалов с заданными свойствами с учетом механизмов их повреждения и деградации при сверхвысоких дозах облучения для внутрикорпусных устройств и оболочек твэлов перспективных реакторов на тепловых и быстрых нейтронах с водяным, жидкометаллическим и газовым теплоносителями.

По приоритетному направлению «Экстремальные состояния материалов и конструкций. Разрушение и структурные превращения в сплошных средах» развиваются основные мероприятия (проекты):

– Динамика структурных превращений в сплошных средах при экстремальных воздействиях техногенного и природного характера.

Наряду с этим, в ходе выполнения работ в рамках госзадания в 2019 г. в результате углубленного изучения современного состояния научно-образовательного потенциала в учреждениях Петербурга по приоритетному направлению «Экстремальные состояния материалов и конструкций. Разрушение и структурные превращения в сплошных средах», выявлены, обоснованы и представлены дополнительные предложения - мероприятия (проекты), которые не были включены ранее в раздел 3 Программы фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года.

В обоснование предложения необходимо пояснить, что уровень современных технологий требует надежного прогнозирования поведения сплошных сред и конструкционных материалов при интенсивных экстремальных воздействиях и, в настоящее время, большое значение приобретает решение задач по разработке подходов и созданию новых видов конструкционных материалов, которые в период эксплуатации могут испытывать динамические нагрузки высокой интенсивности. В Санкт-Петербурге на базе ряда Вузов (СПбПУ Петра Великого, СПбГУ), институтов РАН (ИПМаш, ФТИ им. А.Ф. Иоффе) и отраслевых институтов (ФГУП «ЦНИИ КМ Прометей», ФГУП «РНЦ «Прикладная химия») и др. создана ведущая научная школа по экстремальным состояниям материалов и конструкций, постоянно подтверждающая свой статус в получаемых отечественных и международных грантах различного уровня. В настоящее время на базе этой научной школы ведутся широкие исследования, в том числе и в кооперации с зарубежными партнерами из Китая, Европы, Индии и др. Такой подход направлен на изучение процессов, характеризующихся высокими скоростями протекания, в которых различные материалы, конструкции, сплошные среды подвергаются экстремальным воздействиям различной природы. Эти процессы можно условно разделить на три группы: 1) процессы разрушения, деформирования, структурообразования в сплошных средах; 2) процессы образования новых структур, материалов; 3) цепные автокаталитические реакции, протекающие в крайне малые промежутки времени. Рассматриваемое явление на практике может иметь как отрицательную (например, разрушение материалов и конструкций), так и положительную (например, получение новых уникальных материалов и структур, возможность оптимизации обработки материалов) сторону. Такой качественно новый подход невозможен без создания экспериментально-аналитического аппарата

прогнозирования поведения твердых тел в условиях высокоскоростной деформации, что обеспечивает качественно новые возможности при получении новых конструкционных материалов с заданными физико-химическими свойствами.

В последнее время в рамках данной научной школы под руководством чл.-корр. РАН Ю.В. Петрова с учениками на базе СПбГУ и РАН при поддержке Объединенного научного совета по проблемам материаловедения, механики, прочности при СПбНЦ РАН активно развивается новое научное направление, касающееся физико-химических аспектов предельных состояний и структурных превращений в сплошных средах, материалах и технических системах и включает теоретические и экспериментальные результаты в области предельных состояний в ряде смежных областей механики, физики, химии. Это существенно усилило и поставило на более высокий уровень решения проблему технологического горения и, в первую очередь, проблему технологического взрыва. Фундаментальные исследования в этой области могут стать основой для будущих технологий, связанных с экстремальными состояниями. Проводимые в рамках данного подхода исследования представляют также стратегический интерес в связи с традиционными и новыми применениями в материаловедении, энергетике, машиностроении, военной индустрии, добывающих отраслях и пр. Проведенный анализ тематики и направлений фундаментальных исследований в области экстремальных состояний сплошных сред, выполненных в нашем городе, стране и за рубежом позволил выделить ряд перспективных направлений исследований, к которым относятся:

- разработка принципиально новых критериев безопасности и принципов тестирования механических и физических свойств существующих и новых конструкционных материалов при экстремальных воздействиях, а также фундаментальных основ для развития современной нормативной базы по прочности и износостойкости в различных отраслях индустрии;

- создание фундаментальных основ для оптимизации технологических процессов и определения оптимальных режимов целенаправленного разрушения, фрагментации, измельчения природных и искусственных материалов; разработка нетрадиционных способов обработки материалов, таких как импульсное, ультразвуковое и вибрационное резание, создание виброударных систем;

- создание новых конструкционных материалов с повышенными физико-химическими характеристиками за счет управления их гетерогенной структурой на нано-, мезо- и макроуровнях. Существует практическая необходимость оценивать



влияние на материал процессов, восстанавливающих и/или преобразующих его структуру, в целях управления механическими свойствами; одним из механизмов такой структурной перестройки при ударном нагружении является динамическая рекристаллизация, сопровождающаяся значительным измельчением зерна вплоть до наноструктурного при одновременном его упрочнении по сравнению с исходным состоянием; это закладывает основу создания новых композиционных материалов;

- разработка методик управления наноструктурой и свойствами функциональных и конструкционных материалов при различных статических и динамических воздействиях;

- изучение закономерностей разрушения, деформирования, а также структурно-фазовых превращений в природных и конструкционных материалах при экстремальных скоростных термомеханических и физико-химических воздействиях техногенного и природного характера;

- разработка методов исследования реакционной опасности (термобезопасности) химических процессов; создание методик управления объектом, позволяющих избежать теплового взрыва во время технологического процесса, хранения или транспортировки и т.д.; обеспечение термической безопасности реакционноопасных объектов путем математического моделирования, прогнозирования и оценки вероятности развития теплового взрыва.

Подытоживая вышесказанное, можно констатировать, что для развития прорывных технологий необходима разработка новых материалов и композиций, учитывающих специфику их поведения в экстремальных условиях с последующей разработкой новых стандартов и методов тестирования, а в дальнейшем и нормирование рассматриваемых процессов.

Все вышеизложенное позволяет предложить в качестве нового мероприятия (проекта) по приоритетному направлению «Экстремальные состояния материалов и конструкций. Разрушение и структурные превращения в сплошных средах»\_раздела 3 программы фундаментальных исследований включить проект «Междисциплинарные исследования физико-химических аспектов предельных состояний и структурных превращений в сплошных средах, материалах и технических системах», руководитель, чл.-корр. РАН Ю.В. Петров (ИПМаш РАН, СПбГУ, РНЦ «Прикладная химия», СПбГТИ(ТУ), СПбНЦ РАН).

Наряду с этим, в ходе выполнения работ в рамках госзадания в 2019г. по изучению развития научного потенциала в учреждениях Петербурга в

междисциплинарной области создания новых материалов, проведенных в целях углубления и систематизации тематики по приоритетному направлению «Композиционные материалы и покрытия», проведен мониторинг «новых ростков» в этой актуальной области в учреждениях Петербурга. Исследования показали, что наиболее успешно идет образование и развитие «новых ростков» в научно-исследовательских лабораториях, созданных под руководством известных ученых с мировым именем, в рамках правительственной программы мегагрантов. Следует отметить, что в Петербурге с 2010 по 2017 гг., по результатам шести открытых конкурсов, проведенных Минобрнауки РФ, учреждениями науки получено 38 мегагрантов в рамках правительственной программы, из них – 28 принадлежат вузам и 10 – институтам РАН. Проекты победителей реализуются на базе 29 научных учреждений Петербурга, 20 из них относятся к вузовской науке, 9 – к институтам РАН. Для сравнения приведен расчет общего количества и распределение мегагрантов по ведомствам в целом в РФ. Так, из 236 грантов по РФ: РАН – 50, Вузы – 182, иные – 4. Общее количество базовых научных учреждений и их распределение по ведомствам в РФ: РАН – 46, Вузы – 130, Иные – 4. В таблице 3.1 представлены данные по общему количеству и распределению по ведомствам грантов и получивших их базовых учреждений в Петербурге на фоне общей картины в РФ. Из чего можно сделать вывод о том, что вклад учреждений Петербурга составляет порядка одной пятой от общего числа грантов. Общая сумма финансирования грантов составляет свыше 4 миллиардов рублей.

Созданные в Петербурге на базе мегагрантов 38 научных лабораторий (международных), ведут свою деятельность в 19 областях науки, среди них: физика (6 гр.), нанотехнологии (3 гр.), механика и машиностроение (2 гр.), технологии материалов (2 гр.), науки о Земле (2 гр.), компьютерные и информационные науки (2 гр.), медицинские науки и технологии (2гр.), информационные технологии и вычислительные системы (2 гр.), психология (2 гр.), химические технологии (2 гр.), биотехнологии (1 гр.), математика (1гр.), химия (1гр.), астрономия и астрофизика (1 гр.), промышленная биотехнология (1 гр.), клиническая медицина (1 гр.), социология (1гр.), компьютерные и информационные технологии (1 гр.). Лидерами среди научных дисциплин по числу мегагрантов в Петербурге стали: физика (6 гр) и нанотехнологии (3гр.), восемь дисциплин имеют по два мегагранта и остальные девять – по одному. наибольшее количество мегагрантов в Петербурге принадлежит СПбГУ – девять, шесть имеет Университет ИТМО, пять – СПбПУ Петра Великого, четыре мегагранта

реализует ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, три – СПбГТИ (ТУ), два – ИВС РАН и по одному у СПб Академического университета РАН, СПб Европейского университета и ПОМИ им. В.А. Стеклова РАН. При этом, в СПбГУ получены мегагранты в восьми областях науки, в Университете ИТМО – в пяти, в СПбГТИ (ТУ) – в трех областях, в ФТИ РАН и ИВС РАН в двух областях научного знания.

В таблице 3.1 приведен полный перечень научных лабораторий, созданных на базе научных учреждений Петербурга, с кратким описанием области исследования, базовой организации, указанием ведущего ученого – научного руководителя лаборатории. Созданные международные научные лаборатории возглавляют ведущие ученые с мировым именем, представители из 15 ведущих стран мира, в том числе и наши соотечественники. Среди них: восемь ученых из США, пять – из Германии, три – из Великобритании, по два ученых из Ирландии, Швейцарии, Италии, Франции, России и по одному представителю из Нидерландов, Австралии, Франции, Финляндии, Испании, Канады и Норвегии.

В таблице 3.1 представлена также краткая характеристика деятельности научных лабораторий, реализующих проекты программы мегагрантов в Петербурге, по результатам пяти конкурсов (2010-2016 гг.). Согласно требованиям программы результаты исследований коллективов научных лабораторий, созданных в Петербурге, регулярно публикуются в научных журналах, индексируемых в базе данных «Сеть науки» (Web of Science). Общее количество статей, вышедших за период 2010 – 2017 годы, приближается к двум тысячам. Общее количество научных сотрудников, занятых в лабораториях, превышает девятьсот человек. Количество созданных объектов интеллектуальной собственности свыше ста тридцати, количество диссертаций превышает полторы сотни. Количество студентов, прошедших обучение в лабораториях, свыше четырехсот человек. Активное участие в работе лабораторий аспирантов и студентов способствует обмену опытом, подготовке научных кадров высшей квалификации. Институционально программа оказалась одной из самых успешных. Во многом работа именно этих лабораторий привела к устойчивому росту числа российских публикаций в международной базе данных Web of Science.

Следует отметить, что работы в интересующей нас междисциплинарной области новых материалов и покрытий проводятся в целом ряде лабораторий.

Таблица 3.1 – Характеристика деятельности лабораторий в Петербурге\*

| Научные лаборатории   | Области науки                                      | Кол-во публикаций (WOS) | Кол-во объек-ов интеллект собст-ти | Число сотрудников | Число аспирантов | Количество диссер-таций | Ведущие ученые, руководители проектов | h-index/CI <sub>tot</sub> |
|---|--|-------------------------|------------------------------------|-------------------|------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Астрофизики объектов с экстремальным энерговыделением                               | Астрономия и астрофизика                           | 129                     | 2                                  |                   |                  | 5                       | Павлов Г.Г. , США                     | 41;5202                   |
| Физики улучшенного удержания плазмы токамаков                                       | Физика   | 95                      | 5                                  |                   |                  | 7                       | Вагнер Фридрих Германия               | 30                        |
| Молекулярной нейродегенерации   | Медицинские науки и технологии                     | 45                      | 3                                  | 22                |                  | 3                       | Безпрозванный И.Б. США                | 49;9402                   |
| Молекулярной микробиологии  | Промышленные биотехнологии                         | 24                      | 2                                  | 30                |                  | 4                       | Северинов К.В. США                    | 48;10473                  |
| Легких материалов и конструкций   | Механика и машиностроение                          | 7                       | 3                                  | 26                |                  | 1                       | Михайлов В.Г. Германия                | -                         |
| Перспективных вычислительных технологий   | Информационные технологии и вычислительные системы | 268                     | 20                                 | 48                |                  | 15                      | Слоот Петрус, Нидерланды              | 56; 8439                  |
| Метаматериалов. Международный исследовательский центр нанофотоники и метаматериалов | Физика   | 370                     | 12                                 | 160               | 34               | 12                      | Кившарь Ю.С. Австралия                | 89; 40234                 |
| Анизотропных и  | Нанотехнологии                                     | 82                      | 2                                  | 28                |                  | 10                      | Гунько                                | 50; 13206                 |

|  |  |     |    |    |   |    |                          |           |
|--|--|-----|----|----|---|----|--------------------------|-----------|
| оптически активных наноструктур  |  |     |    |    |   |    | Ю.К. Ирландия            |           |
| Нелинейных и адаптивных систем управления  | Компьютерные и информационные науки                    | 22  | 8  | 52 |   | 3  | Ортега Мартинес, Франция | 66        |
| Гибридной нанофотоники и оптоэлектроники   | Технологии материалов. Нанотехнологии и наноматериалы. | 7   |    |    |   |    | Захидов А. А., США       | 50; 19450 |
| Квантовой оптики, низкоразмерных квантовых материалов  | Физика. Квантовая механика.                            | 2   |    |    |   |    | Сколник Морис Англия     | -         |
| Геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана им. В.П. Кёппенена | Науки о Земле.   | 33  |    | 18 |   | 2  | Тиде Йорн. Германия      | -         |
| Междисциплинарная исследовательская лаборатория им. П.Л. Чебышева  | Математика   | 170 |    | 37 |   | 20 | Смирнов С.К., Швейцария  | 17; 1424  |
| Центр геномной биоинформатики им.Ф.Г. Добржанского   | Медицинские науки и технологии.                        | 127 | 1  | 24 |   | 1  | О,Брайен С.Д.,США        | -         |
| Оптики спина им. И.Н. Уральцева  | Нанотехнологии   | 109 | 2  | 33 | 6 | 5  | Кавокин А.В.Англия       | 50; 9926  |
| Механики перспективных массивных наноматериалов для инновационных инженерных приложений                      | Механика и машиностроение                              | 100 | 12 | 55 | 8 | 12 | Валиев Р.З. Россия       | 94; 42901 |

|   |  |         |    |    |  |    |  |                   |
|---|--|---------|----|----|--|----|--|-------------------|
| Междисциплинарных исследований раннего детства                                  | Психология   | 6       |    | 28 |  | 4  | Григоренко Е.Л., США                       | 42; 6887          |
| Фотоактивных нанокompозитных материалов   | Химия  | 19      | 2  | 33 |  | 3  | Банеманн Детлеф. Германия                  | 54                |
| Лаборатория «Мозаика аутоиммунитета»<br>Лаборатория поведенческой нейродинамики | Клиническая медицина<br>Психология                 | 15<br>4 |    |    |  |    | Шенфельд Иегуда.США;<br>Штыров Ю.Ю. Англия | 42000<br>33; 3410 |
| Алгоритмической биотехнологии   | Информационные технологии и вычислительные системы | 36      | 2  | 20 |  | 1  | Певзнер П.А., США                          | 80; 23600         |
| Молекулярной фармакологии   | Биотехнология                                      | 30      | 6  | 9  |  | 5  | Мелино Дженнаро., Италия                   | -                 |
| Клеточной биотехнологии   | Медицинские биотехнологии                          | 16      | 4  | 17 |  | 3  | Мартин Шеймус. Ирландия                    | -                 |
| Каталитических технологий   | Химические технологии                              | 7       | 3  | 39 |  | 2  | Мурзин Д.Ю., Финляндия                     | 52; 12693         |
| Спутниковой океанографии  | Науки о Земле                                      | 48      | 35 | 15 |  | 14 | Шапрон Бертран. Франция                    | -                 |
| Наноструктурных солнечных элементов   | Нанотехнологии                                     | 64      | 1  | 68 |  | 2  | Луке Антонио, Испания                      | -                 |
| Физики ферроиков  | Физика   | 40      |    | 35 |  | 5  | Таганцев А.К. Швейцария                    | 55; 14664         |
| Спиноэлектроники  | Физика   | 32      | 1  | 37 |  | 1  | Байер М.Х., Германия                       | 45                |
| Оптики структур с экстремальной двумерностью                                    | Физика   |         |    |    |  |    | Жиль Бернар. Франция                       | -                 |
| Центр исследований науки и технологий   | Социология   | 5       |    | 12 |  | 6  | Биаджолли Марио. США                       | -                 |

|   |  |    |   |    |  |   |                            |   |
|---|--|----|---|----|--|---|----------------------------|---|
| Лаборатория «Многомасштабное экспериментальное исследование и моделирование полимерных композитов на основе перспективных термопластов для промышленного применения | Технологии материалов                    | 24 | 4 | 47 |  | 2 | Кенни Хосе.<br>Италия      | - |
| Полимерных биоматериалов и систем   | Химические технологии                    |    |   |    |  |   | Карттунен Микко.<br>Канада | - |
| Алгоритмических методов   | Компьютерные и информационные технологии | 20 |   | 23 |  | 3 | Фомин Ф.В..<br>Норвегия    | - |

\* Расчет представлен по пяти конкурсам с 2010 по 2016 г.

### **3.2 Новые направления в области создания новых материалов, развиваемые в международных научных лабораториях в Петербурге**

Проведенные исследования позволили показать «новые ростки» и успешные направления исследований и разработок. Далее кратко излагаются результаты и успехи исследований в области новых материалов, проводимые в новых лабораториях Петербурга, действующих в различных областях науки: механика и машиностроение, физика, нанотехнологии и наноматериалы, технологии материалов, химия, химические технологии и др.

Успехи в области исследования свойств метаматериалов (проф. Кившарь Ю.С.), искусственных структур с уникальными электромагнитными нелинейными свойствами, обеспечивают значимые открытия в области управления оптическими сигналами и создания структур с управляемыми свойствами, являются ключевыми для ускорения передачи сигналов в оптических и электронных устройствах. Создаваемые в лаборатории диэлектрические наноантенны и сверхбыстрые фотонные переключатели станут основой компонентной базы оптических суперкомпьютеров. Сформирован международный научно-исследовательский Центр нанофотоники и метаматериалов. Под руководством Ю. Кившаря исследователи центра стали одними из первых в мире, кто начал работать в совершенно новом направлении – диэлектрической нанофотонике, или «метаоптике», как называет его сам ученый. Следует отметить, что Ю. Кившарь является одним из самых цитируемых ученых среди физиков в настоящее время, премия Web of Science Awards-2017.

Успехи в изучении свойств особого квантового состояния материи – бозе-эйнштейновского конденсата в полупроводниковых микрорезонаторах и создании принципиально новых источников светового излучения (лаб. проф. Кавокина А.В.) привели к созданию, первыми в России, нового типа лазера – бозонного, частотный диапазон - субмиллиметровое излучение. Все это найдет широкое применение в медицине, в телекоммуникации (беспроводная передача большого объема информации на малые расстояния) и пр.

Успехи в изучении и развитии уникальных свойств гибридных наноимпринтованных перовскитов - органо-неорганических материалов с интегрированными нанофотонными структурами, позволяют создавать на их основе качественно новые оптоэлектронные устройства (лаб. проф. Захидов А.). Объединение в данном случае двух областей - новых материалов на основе наночастиц новых гибридных органо-неорганических материалов, позволяющих управлять светом на наномасштабном уровне, с новыми концепциями нанофотоники - позволяет на этой основе сделать новые



оптоэлектронные устройства с качественно новой функциональностью. Поведение нелинейных оптических систем сейчас активно изучается специалистами в области фотоники, описано совершенно новое физическое явление (лаб. проф. Сколник М.), взаимодействие между частицами в таких системах могут вызывать необычные эффекты, нелинейные переходы между разными состояниями материи, среди которых выделяются поляритонный солитон и конденсат Бозе-Эйнштейна. После создания миниатюрных устройств эти переходы могут быть использованы для целей телекоммуникации.

Лаборатория анизотропных и оптически активных наноструктур (лаб. проф. Ю. Гунько) разрабатывает новые оптически активные, хиральные нанокристаллы и наноструктуры, позволяющие создавать более эффективные лекарственные препараты, биосенсоры и другие, медицинские инструменты.

### **3.3 Апробация результатов исследований**

– На базе развивающейся научной школы СПбГУ – РАН развивается новое перспективное направление «Физико-химические аспекты предельных состояний и структурных превращений в сплошных средах, материалах и технических системах». Результаты актуальны и востребованы. В раздел 3 в приоритетное направление «Экстремальное состояние материалов и конструкций. Разрушение и структурные превращения в сплошных средах» предложено включить новое основное мероприятие (проект).

– В результате реализации проектов программы мегагрантов под руководством российских и зарубежных ученых в Петербурге созданы 38 уникальных научных лабораторий, ведущих исследования в 19 областях науки, оснащенных новейшим научным оборудованием и установками, обладающими современной методической базой мирового уровня, ведущих исследования в самых перспективных направлениях, многие из них являются прорывными. В исследованиях по созданию новых материалов участвуют целый ряд лабораторий, действующих в различных областях науки. Результаты проводимых исследований в ряде лабораторий, в частности, результаты по появлению бозонных источников света инициируют новую технологическую революцию в оптоэлектронике; результаты по созданию материалов, в которых технологически заданная комбинация магнитных, электрических и упругих свойств позволит добиться рекордных быстродействия, энергоэффективности, миниатюризации, информационной емкости, т.е. возможности перехода к новой компонентной базе наноэлектроники и т.д.

– В 2020 г. исследования научного потенциала учреждений Петербурга будут продолжены.

По теме исследования научными сотрудниками СПб НЦ РАН были опубликованы, в том числе в соавторстве, статьи:

- 1) В.С. Улыбин, Т.Ф. Пименова, Т.П. Гайдей. Успехи петербургской школы горения и взрыва как области научно-технического прогресса. Вклад Санкт-Петербургского Научного совета по горению и взрыву: 1999-2019 гг. //Физико-химические аспекты предельных состояний и структурных превращений в сплошных средах, материалах и технических системах. Выпуск 3/ Под ред. чл.-корр. РАН Ю.В. Петрова. СПб.: Из-во «Политехника», 2019. С.7-23.
- 2) Т.П. Гайдей, В.А. Дидык, Т.Ф. Пименова, Т.В. Здухова. Катализаторы разложения однокомпонентных топлив и изделия на их основе, применяемые в технике. // Физико-химические аспекты предельных состояний и структурных превращений в сплошных средах, материалах и технических системах. Выпуск 3 / Под общей ред. чл.-корр. РАН Ю.В. Петрова. СПб.: Из-во «Политехника», 2019. С. 46-52.
- 3) T.F. Pimenova, I.D. Sibarov, B.V. Pimenov. New Chemical Laboratories, developed on the Basis of the Program of Mega-Grants in St. Petersburg//Abstracts of the 21 Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry. St Petersburg, Russia, 9-13 September, 2019, V.4, Section 8, P.408.

Кроме того, по результатам заслушанных на Научном совете и научных семинарах докладов по отдельным перспективным направлениям фундаментальных и прикладных исследований и их всестороннего обсуждения членами Совета, издан третий выпуск ежегодника («Физико-химические аспекты предельных состояний и структурных превращений в сплошных средах, материалах и технических системах». Выпуск 3 / Под редакцией чл.-корр. РАН Ю.В. Петрова, СПб НЦ РАН. СПб.: Из-во «Политехника», 2019. –147 с.), Книга содержит результаты исследования предельных и критических состояний в сплошных средах, материалах и технических системах, которые в течение 2018–2019 гг. докладывались и активно обсуждались в ходе работы Совета в СПб НЦ РАН. Представлены теоретические и экспериментальные результаты в области предельных состояний в ряде смежных областей механики, физики, химии, материаловедения. Приведенные в книге исследования представляют важнейший стратегический интерес в связи с традиционными и новыми применениями в энергетике, на транспорте, машиностроении, военной индустрии, добывающих отраслях.

Апробация в 2019 г. предложений по описанным выше, а также по отдельным ранее представленным перспективным направлениям и мероприятиям программы фундаментальных исследований по междисциплинарному разделу «Материаловедение,

механика, прочность» происходила в рамках VIII Международной конференции «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов», которая прошла на площадке Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова в Москве с 19 по 22 ноября; 17-20. 09.2019 г. в рамках деловой программы международной выставки и конференции «НЕВА-2019», Санкт-Петербург, круглый стол «Материалы будущего».

Подготовлены и проведены на базе СПб Научного центра РАН три крупных международных научных мероприятия, на которых выступили руководители ряда проектов раздела 3 Программы:

– 47 Международная летняя школа – конференция «Актуальные проблемы механики – 2019 (АПМ -2019)» совместно с СПбПУ Петра Великого (24-29 июня 2019 г.) Тематика конференции охватывает практически все аспекты современной механики. Основное внимание на конференции было уделено изучению проблем на границах соприкосновения таких исследовательских областей, как микро- и наномеханика, науки о материалах, физика твердого тела, астрофизика, молекулярная физика и др.,

– Всероссийская научно-техническая конференция «Научноёмкие технологии и перспективы применения фторорганических продуктов», в рамках деловой программы празднования юбилея – 100 – летия со дня образования Государственного института прикладной химии (ГИПХ). Санкт-Петербург, 30-31 мая 2019 г. Заслушано более 40 докладов по самым актуальным направлениям, включая: фундаментальные исследования в области фторорганического синтеза; инновационные химические, биохимические и нанотехнологии; перспективные фторорганические материалы для приоритетных отраслей промышленности, здравоохранения и сельского хозяйства; безопасность современных технологий.

– "Mechanisms and Non-linear Problems of Nucleation and Growth of Crystals and Thin Films" MGCTF 19), (1-5 июля 2019 г.) Международная конференция посвящена теории, эксперименту и численному моделированию в области нуклеации и роста кристаллов и их тонких плёнок. В тематику конференции вошли фундаментальные проблемы фазовых переходов, нелинейных и коллективных явлений при росте кристаллов, физика, химия, механика поверхностей кристаллов, дефекты кристаллической решётки.

Кроме того, сотрудниками СПбНЦ РАН (к.х.н. Пименовой Т.Ф. и н.с. Сибаровым И.Д.) в течение 2019 года подготовлены и проведены заседания Объединенного научного совета по проблемам материаловедения, механики, прочности, заседания Научного семинара по проблемам горения и взрыва, докладчиками на которых выступили руководители ряда приоритетных направлений и мероприятий обсуждаемого раздела Программы.

#### **4 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области химических наук**

В 2019 году были продолжены работы в рамках госзадания, часть работ была реализована в развитие соответствующих пунктов разработанной СПбНЦ РАН Программы фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года (Тема 4.1 Техническое стекло. Технология, свойства, применение. Создание и отработка опытно-промышленной технологии производства новых стекол и стекломатериалов с уникальными или заданными параметрами, перспективными для практического использования).

Наряду с этим, в ходе выполнения работы в рамках госзадания были выявлены новые перспективные направления, которые не были включены ранее в Программу фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года: создание биологически активных высококремнеземных пористых стекол (ПС), модифицированных ПОМ и получение новых знаний по физико-химическим свойствам ПС.

Перед современным материаловедением стоит фундаментальная проблема – получение биоактивных композиционных материалов с заранее заданным комплексом свойств. К подобным объектам можно отнести мембранные фильтры, предназначенные для очистки воды от микроорганизмов. Актуальность разработки альтернативных методов обеззараживания воды связана с наличием исследований, доказывающих, что рост онкологических и сердечнососудистых заболеваний является следствием обеззараживания воды с использованием процедуры хлорирования [1]. В настоящее время самыми эффективными фильтрами для водоподготовки являются мембранные фильтры осмотического действия [2].

Пористые стекла (ПС), получаемые в процессе выщелачивания двухфазных щелочноборосиликатных (ЩБС) стекол, являются идеальными матрицами для создания биоактивных мембран, поскольку биологически инертны, обладают хорошей продольной упругостью (модуль Юнга = 23,9 ГПа) [3] и имеют поверхность, легко поддающуюся модификации [4 – 6]. Модифицированные ПС применяются в различных областях: векторная доставка лекарственных препаратов [6], биосовместимые композиции для ортопедии и травматологии [8], нанопористые материалы с магнитными свойствами [9], носители катализаторов [10], искусственные фотосинтетические системы [11], сенсорные элементы для микрофлюидных чипов для детектирования протекания иммунных реакций [12, 13]. Использование ПС в качестве матриц мембранных фильтров хорошо иллюстрирует работа [14], в которой представлены результаты исследований проникающей способности толуола через стеклянный модифицированный фильтр с

метилметакрилатными трансплантатами на слое вторичного кремнезема в зависимости от фотооблучения и значения показателя рН, доказывающие влияние указанных факторов на диаметр пор. Полученные в [14] данные позволяют сделать вывод о возможности использования композиционных материалов на основе ПС для селективной фильтрации.

Синтезирована биоактивная мембрана на основе высококремнеземного ПС, исследованы ее структурные параметры и технические характеристики. В качестве модифицирующего поверхность ПС соединения был выбран полиоксомолибдат кремния, фунгицидные свойства которого были ранее доказаны по отношению к грибу рода *Candida*, вида *Candida albicans*, штамм 920 [15-17]. Установлено, что разработанная полезная модель фильтра на основе высококремнеземного пористого ЩБС стекла состава  $96.6 \text{ SiO}_2 \cdot 3.20 \text{ B}_2\text{O}_3 \cdot 0.2 \text{ Na}_2\text{O}$  (мол.%), может выдерживать нагрузки до 300 кПа, что является доказательством возможности использования разработанной мембраны в условиях реальной эксплуатации.

Отличительная особенность созданного мембранного фильтра от аналогичных заключается в высокой устойчивости к механическим нагрузкам и в наличии биоактивного компонента в его порах, который препятствует росту колоний бактерий и грибов в поровом пространстве и на поверхности фильтра.

Предполагаемая длительная эксплуатация ПС в качестве мембранного фильтра обусловила исследование зависимости структурных и поверхностных характеристик ПС от времени хранения в воде. ПС НФФ состава (мол.%)  $0.17\text{Na}_2\text{O} \cdot 5.96\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 93.75 \text{ SiO}_2 \cdot 0.07\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 0.05 \text{ F}$  было получено в результате кислотного травления в растворе  $\text{HNO}_3$  исходного двухфазного ЩБС стекла состава (мол.%)  $6.8\text{Na}_2\text{O} \cdot 22.1\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 70.4\text{SiO}_2 \cdot 0.19\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 0.52\text{F}$  (т.о.  $550^\circ\text{C}/40 \text{ ч.}$ ), выдерживали в воде в течение длительного времени, после чего проводили измерения удельной поверхности и исследовали на наличие активных центров на поверхности, образованных силоксановыми льюисовскими основными центрами (ЛОЦ) и силанольными группами (бренстедовские кислотные центры (БКЦ)). Исследование поверхностных активных центров различной кислотной силы проводили индикаторным методом [20], основанным на селективной адсорбции кислотно-основных индикаторов из водных растворов на поверхности твердых веществ.

Было установлено, что с увеличением толщины пластин ПС НФФ увеличивается количество силоксановых групп ЛОЦ и наблюдается уменьшение количества силанольных групп БКЦ. Кроме того, на примере ПС толщиной 2 мм было показано, что значительное уменьшение удельной поверхности сопровождалось уменьшением содержания групп ЛОЦ и БКЦ, что может быть объяснено процессами перекомденсации коллоидного кремнезема внутри порового пространства [18-19].

Полученные результаты стали логическим продолжением работ, связанных с исследованием процессов структурирования «вторичного» кремнезема в пористом стекле во время кислотной проработки исходных двухфазных щелочноборосиликатных стекол.

В основе исследования была применена кинетическая модель спектрофотометрического определения кремнезема в водных растворах, разработанная О.В.Рахимовой с соавторами [21].

Результаты исследования кинетики структурирования кремнезема в модельных водно-спиртовых растворах тетраэтоксисилана, в том числе и боросодержащих, до и после точки гелеобразования при различных молярных соотношениях  $H_2O : SiO_2$  и значениях водородного показателя рН 2 и 6 методом дифференциально-кинетической спектрофотометрии. Разработанная авторами кинетическая схема и математический аппарат позволяет определять степень направленности процесса полимеризации кремнезема. Данные, полученные на модельных системах, были применены к описанию процесса структурирования кремнезема в кислотных растворах, полученных в результате проработки однофазных натриевоборосиликатных стекол. Полученные результаты послужат основой для интерпретации экспериментальных данных по кинетике структурирования кремнезема, содержащегося в нестойкой фазе двухфазного щелочоборосиликатного стекла в процессе его выщелачивания, т.е. прогнозировать скорость его растворения, формы существования, время гелеобразования и образования стратт, а, как следствие, формирование определенной пористой структуры получаемых пористых стекол.

Список источников:

1. Воейков В.Л., Асфарамов Р.Р., Розенталь В.М. Экополис 2000: Экология и устойчивое развитие города // Мат. III Междунар. конф. М.: Изд-во РАМН, 2000. С. 226–230.
2. Первов А. Г., Макаров Р. И., Андрианов А. П., Ефремов Р. М. Мембраны – новые перспективы освоения рынка питьевой воды // ВСТ. 2002. № 10. С. 26 – 29.
3. Цыганова Т.А. Физико-химические процессы формирования структуры пористых стекол в кислотно-солевых растворах // Дис. канд. хим. наук. – СПб, ИХС РАН – 215 с.
4. Rodrigo Oréface, Jon West, Guy LaTorre, Larry Hench, and Anthony Brennan. Effect of Long-Term In Vitro Testing on the Properties of Bioactive Glass-Polysulfone Composites // Biomacromolecules. 2010. № 11. P. 657-665.
5. Mehdi Shirazi, Theo G. M. van de Ven, and Gil Garnier. Adsorption of Modified Starches on Porous Glass // Langmuir. 2003. Vol. 19. No. 26. P. 10829-10834.

6. Пак В.Н., Гавронская Ю.Ю., Буркат Т.М. Пористые стекла и наноструктурированные материалы на их основе: Монография. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2013. – 129 с.
7. Kai Cheng and Christopher C. Landry Diffusion-Based Deprotection in Mesoporous Materials: A Strategy for Differential Functionalization of Porous Silica Particles // J. AM. CHEM. SOC. 2007, 129, 9674-9685 DOI 0.1021/ja070598b
8. Свентская Н.В., Голикова П.В., Лукина Ю.С., Сивков С.П., Белецкий Б.И. Композиции на основе дикальций фосфата дигидрата и биоактивного стекла для ортопедии и травматологии // Успехи в химии и химической технологии. 2012. Т. 26. № 6. С. 64 – 69.
9. С. В. Столяр, И. Н. Анфимова, И. А. Дроздова, Т. В. Антропова Новые двухфазные железосодержащие натриевоборосиликатные стекла для получения нанопористых материалов с магнитными свойствами *Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии Nanosystems, Nanomaterials, Nanotechnologies* 2011, т. 9, № 2, сс. 433—440
10. Мазурин О.В., Роскова Г.П., Аверьянов В.И., Антропова Т.В. Двухфазные стекла: структура, свойства, применение. - Л.: Наука, 1991.-276 с.
11. Oxygen-Evolving Porous Glass Plates Containing the Photosynthetic Photosystem II Pigment-Protein Complex / Tomoyasu Noji, Keisuke Kawakami, Jian-Ren Shen andetc. // Phys. Chem. Lett. 2014, 5, 2402- 2407.
12. Evstrapov A., Esikova N., Rudnitskaja G., Antropova T / Porous glasses as sensor elements for microfluidic chips // Optica Applicata. 2010. 40. 2. Pp. 333-340.
13. Евстрапов А.А., Есикова Н.А., Рудницкая Г.Е., Антропова Т.В., Анфимова И.Н. Разработка оптического сенсорного элемента для микрофлюидных чипов на основе натриевоборосиликатного пористого стекла // Научное приборостроение. 2010. Т. 20. № 1. С. 52-58.
14. Yong Song Park, Yoshihiro Ito, Yukio Imanishi / Photocontrolled Gating by Polymer Brushes Grafted on Porous Glass Filter // Macromolecules 1998, № 31, Pp 2606-2610.
15. Т.А.Цыганова, Д.С.Шевченко, О.С.Магомедова, О.В.Рахимова Биоактивная мембрана на основе модифицированного пористого стекла // Физика и химия стекла. 2019. Т.45. №4. с.337-342. Библиография – 23. DOI: 10.1134/S0132665119040139
16. Магомедова О.С., Шевченко Д.С Оценка токсичности кремнемолибденового гетерополианиона по отношению к *Paramecium*. Сборник тезисов XVI Молодежной научной конференции (5-6 декабря 2017 г., ИХС РАН, Санкт-Петербург), с.55-57. ISBN 978-5-00105-241-8

17. Патент РФ на полезную модель № 178126 «Биоактивная мембрана фильтра осмотического действия для водоподготовки». Заявка №. 2017145414. Приоритет изобретения 22.12.2017 г. Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей РФ 23 марта 2018 г. *Опубликовано*: 23.03.2018 Бюл. № 9. *Авторы*: Т.А. Цыганова, Т.В. Антропова, О.В. Рахимова, Д.С. Шевченко

18. Т.А.Цыганова, Т.Г.Костырева Изменение содержания центров адсорбции высококремнеземных пористых стекол при хранении, Сборник статей материалов Международной научной конференции «Полифункциональные химические материалы и технологии» Под редакцией Ю.Г. Слижова. (22 – 25 мая 2019 г., Томск). – с.148-149. НИР ИХС РАН (Гос. регистрация № АААА-А19-119022290087-1). Поданы 10 марта 2019.

19. T.Tsyganova, S.Mjakin, T. Kostyрева The content of the adsorption centers of high-silica porous glasses. Book of Abstracts. The 1<sup>st</sup> European Conference on Silicon and Silica Based Materials. (7-11 October, Miskolc-Lillafüred, Hungary) p.55. Библиография – 4. ISBN 978-615-6071-01-9

20. Нечипоренко А.П. Донорно-акцепторные свойства поверхности твердофазных систем. Индикаторный метод. – СПб.: Изд. «Лань», 2017. – 284 с.

21. Rakhimova O.V., Magomedova O.S., Tsyganova T.A. Investigation of Hydrolytic Polycondensation in Systems Based on Tetraethoxysilane by DK-Spectrophotometry Method // Glass Physics and Chemistry. 2019. Vol. 45. No. 6. pp. 412–420. DOI: 10.1134/S1087659619060166

Список публикаций по результатам исследования:

1. Т.А.Цыганова, Д.С.Шевченко, О.С.Магомедова, О.В.Рахимова Биоактивная мембрана на основе модифицированного пористого стекла // Физика и химия стекла. 2019. Т.45. №4. с.337-342. Библиография – 23. DOI: 10.1134/S0132665119040139. (Перевод: Т. А. Tsyganova, D. S. Shevchenko, O. S. Magomedova, and O. V. Rakhimova Bioactive Membrane Based on Modified Porous Glass // Glass Physics and Chemistry. 2019. Vol. 45. No. 4. pp. 298-301. DOI: 10.1134/S1087659619040138

2. T Tsyganova, S Myakin, T Kostyрева The content of the adsorption centers of high-silica porous glasses // IOP Conference Series: Journal of Physics: Conference Series (JPCS). 2019. (в печати)

3. Т.А.Цыганова, Т.В.Антропова, С.В.Мякин «Особенности формирования адсорбционных центров термически модифицированных высококремнеземных пористых стекол». Сборник тезисов в 6 томах. XXI Менделеевский съезд по общей и прикладной



химии (Санкт-Петербург, 9-13 сентября 2019 г.) - Т.1. с.337. Библиография – 4. ISBN – 978-5-6043248-4-4. Библиография – 4

4. Tsyganova T.A, Rakhimova O.V., Shevchenko D.S. Bioactive membrane based on porous glass for water treatment. Abstract book of 4th Russian Conference on Medical Chemistry with international participation MedChem Russia2019 (Ekaterinburg, 9-14 June 2019). p.402. Библиография — 2. ISBN 978-5-7691-2521-8

5. T.Tsyganova, S.Mjakin, T. Kostyreva The content of the adsorption centers of high-silica porous glasses. Book of Abstracts. The 1<sup>st</sup> European Conference on Silicon and Silica Based Materials. (7-11 October, Miskolc-Lillafüred, Hungary) p.55. Библиография – 4. ISBN 978-615-6071-01-9

6. В. Я. Шевченко, В. А. Блатов, Г. Д. Илюшин Кластерная самоорганизация интерметаллических систем. Новый кластер-прекурсор (InNa<sub>5</sub>)(AuAu<sub>5</sub>) и первичная цепь с симметрией *5m* для самосборки кристаллической структуры Na<sub>32</sub>Au<sub>44</sub>In<sub>24</sub>-oP100 // Физика и химия стекла. 2019. Т.45. № 4. С.303-310.

Мероприятия, которые были проведены (конференции, семинары, круглые столы):

Конференции с участием Объединенного научного Совета по химическим наукам СПб НЦ РАН:

1. XXIII Всероссийской конференции с международным участием по неорганическим и органосиликатным покрытиям (7–9 октября 2019 г, Санкт-Петербург).

Другое

1. Проведено заседание Объединенного научного совета по химическим наукам СПб НЦ РАН 13 марта 2019 года, посвященное 150-летию создания периодической таблицы химических элементов им.Д.И.Менделеева

2. Проведена работа по экспертизе материалов, поступивших на конкурс Правительства СПб на премию по химии им. Д.И.Менделеева

3. Проведение заседания экспертной комиссии по присуждению премии по химии им. Д.И.Менделеева (1 апреля 2019 г.)

4. Экскурсия и ознакомление с лабораторией и производством на химическом предприятии «Балтийская мануфактура» 6 июня и в ноябре 2019 г

5. Подготовка списка проектов по химии, соответствующих Национальных проектам РФ.

## **5 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области формирования и развития информационной структуры инновационного развития Санкт-Петербурга**

В соответствии с национальным проектом «Наука», а также государственной программой Санкт-Петербурга по развитию науки на период до 2035 года, одним из базовых направлений развития цифровой экономики является информационная инфраструктура и информационная безопасность.

Данное направление предполагает создание инфраструктуры, технологий и платформ, обеспечивающих получение, хранение и обработку того объема данных, которые создаются в условиях цифровой экономики, обеспечение информационной безопасности, развитие прикладных решений для нового качества использования информационно-телекоммуникационных технологий в сфере государственного и муниципального управления, здравоохранения, образования, управления городским хозяйством и других отраслях экономики.

Полученные результаты научно-исследовательских работ (выполнялись без финансовой поддержки), представленные в государственной программе «Развитие научных исследований и разработок в Санкт-Петербурге на период 2017–2030 гг. и рекомендованные в соответствующие подпрограммы «НПП «Цифровая экономика РФ» для их реализации и практического использования, не нашли свое «отражение» в конкурсном отборе на предоставление субсидий в Государственной программе Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы».

Краткая характеристика заявленных научно-исследовательских работ:

Проект 5.1.1 «Методология проактивного управления структурной динамикой корпоративных информационных систем на различных этапах их жизненного цикла» полностью соответствует требованиям перехода от модели «критических технологий» и «реализации заделов» к модели определения приоритетов науки, технологий и инноваций на основании модели «больших вызовов». При этом данный проект учитывает поддержку развития как уже существующих условий для возникновения прорывных и перспективных сквозных цифровых платформ и технологий, так и создание условий для возникновения новых платформ и технологий.

Проект 5.1.3 «Создание информационно-поисковой системы для научно-технического сегмента Интернет» представляет разработку универсальной архитектуры построения поисковых систем для различных тематических областей научно-

технического сегмента сети Интернет, а также методы тестирования, верификации и оценки релевантности при работе поисковых систем.

Развитие облачных сетей, новых архитектур и принципов организации вычислений влечет за собой трансформацию программного обеспечения и инфраструктурных решений. Перспективы развития данного приоритетного направления определяют следующие вызовы: усиление контроля над информацией в сети Интернет; рост киберприступности и масштаба ее эффектов (технических сбоев и др.)

Все это отражено в проекте 5.1.2 «Разработка интеллектуального пространства обмена инновационными решениями на базе облачных технологий», где представлен вариант создания интеллектуального информационного пространства обмена инновационными решениями, включающего базу знаний о проектных решениях, интеллектуальную среду разработки инновационных проектов. Данная система управления потоками данных в инфокоммуникационных системах объединит имеющиеся или вновь создаваемые цифровые ресурсы пользователей для обеспечения интегрированного доступа по унифицированному Web-интерфейсу, к информационным службам и облачным сервисам. В проекте предложены методы управления потоками данных в инфокоммуникационных системах, модели оценки рисков информационной безопасности в распределенных вычислительных сетях. Рассматривается проактивная система мониторинга состояния виртуальной и реальной инфраструктуры облачных вычислительных сред, основанной на корреляции многоуровневых и разнородных исходных данных, анализе сценариев атак.

Разработано программное и информационное обеспечение средств автоматизации и управления физическими и виртуальными ресурсами облачной среды и сервисы ее реализации.

В последнее время повышение производительности вычислительной техники связано, как с развитием многоядерных процессоров, так и большим распространением кластерных и облачных систем. Разработка методов автоматизированного проектирования для синтеза, оптимизации и адаптации баз знаний, экспертных и нейросетевых систем по разнородным базам данных большой размерности является новым направлением в информатике.

Проект: 5.2.1 «Создание информационно-аналитического ядра интеллектуальной системы высокопроизводительного анализа больших данных» вписывается в базу приоритетных направлений научно-технологического развития Российской Федерации, привязанных к системе «больших вызовов» (Grand Challenges). Реализация данного проекта дает возможность получать результаты анализа программ и алгоритмов в удобной

для пользователя форме путем применения методов, алгоритмов и программ, хранимых и накапливаемых в самом информационно-аналитическом ядре. Информационно-аналитическое ядро по организации и структуре являться самообучаемой системой. Разработанная система включает базу знаний об алгоритмах интеллектуального анализа данных, интеллектуальную среду разработки алгоритмов, их оптимизации и распараллеливания, облачную среду и сервисы её использования. Отдельные элементы данного проекта использовались в городской инновационной программе Санкт-Петербурга «Умный город» (Smart City), утвержденной Правительством СПб 12 апреля 2017 г.

Результаты выполненной научно-исследовательской работы могут быть полезны органам государственной статистики при разработке национальных стандартов обработки массивов больших данных и формирования единой государственной облачной платформы, в которой будет храниться и обрабатываться вся информация, создаваемая органами государственной власти и местного самоуправления.

Приоритетные направления развития науки, технологий и инноваций в Российской Федерации в модели «больших вызовов» согласно Стратегии научно-технологического развития России до 2035 года предусматривают меры, направленные на стимулирование развития цифровых производственных технологий, создание новых материалов, развитие систем, способных обрабатывать большие объемы данных, искусственный интеллект и машинное обучение, переход к экологически чистым и ресурсосберегающим источникам энергии. Эффективность принятия многих важных решений на различных уровнях государственного управления напрямую связана с возможностями используемых информационных технологий, которые выступают одним из ключевых моментов перехода к экономике, основанной на знаниях.

Для этого необходимо расширение направлений и мероприятий программы «Цифровая экономика Российской Федерации» за счет включения исследований по развитию сетевых технологий и разработке методов защиты информации в среде облачных вычислений, широкого внедрения в практику технологий 3D-проектирования, математического моделирования и суперкомпьютерных технологий.

Применение технологий облачных вычислений определяет так же необходимость рассмотрения возможных способов дестабилизирующих воздействий, приводящих к нарушению функционирования компонентов информационной среды.

При проведении исследований, связанных с формированием и развитием информационной инфраструктуры Санкт-Петербурга, оценивались риски создания вариантов конфигурации среды облачных вычислений.

Предложен метод обеспечения защиты информации в среде облачных вычислений, учитывающий контроль процессов выделения ресурсов по результатам идентификации потенциальных угроз, возникающих на уровне контроля взаимодействия системных процессов, реализуемых в гипервизоре. В качестве принятия решений в условиях неопределенности и риска предлагается использовать критерий Сэвиджа [1], минимизирующий потери эффективности при наихудших условиях защиты информационных ресурсов. Предложенный подход к анализу и управлению рисками позволяет провести оценку защищенности облачной среды, функционирующей в условиях воздействия различного класса угроз, а также эффективности комплекса мер и средств противодействия указанным угрозам. На основе полученной оценки появляется возможность найти оптимальный вариант конфигурации среды облачных вычислений. Данное направление исследований поддерживается применением технологии «блокчейн (blockchain)», обеспечивающую децентрализованное хранение данных, создание цепочки блоков транзакций и выстроенную по определенным правилам, что позволяет защитить информацию от изменений. В рамках технологии «блокчейн» структура данных тесно связана с алгоритмами, при помощи которых эти данные обрабатываются. Под алгоритмами в технологии «блокчейн» понимается последовательность операций, при помощи которых информационное содержание множества структур данных в распределенных системах определяется между собой подобно системе демократического согласования. Реализуя компоненты технологии «блокчейн» можно качественно повысить уровень хранения данных в едином информационном пространстве, обеспечить эффективное управление информационными ресурсами и гарантировать их защиту.

Согласно Стратегии, научный потенциал страны в ближайшие десятилетия будет фокусироваться на решении ряда задач, в числе которых основные риски, связанные с антропогенной нагрузкой на природу, истощение возможностей развития экономики вследствие экстенсивной эксплуатации ресурсов, потребности в наращивании энергетических мощностей.

Одним из целевых индикаторов государственной программы "Охрана окружающей среды на 2012–2020 годы" (подпрограмма 1 «Регулирование качества окружающей среды») является создание экологически безопасной и комфортной обстановки в местах проживания населения, его работы и отдыха, снижение заболеваемости населения, вызванной неблагоприятными экологическими условиями, рост продолжительности жизни городского населения.

В рамках данного направления разработан метод условного показателя для комплексной оценки уровня загрязнения воздушной среды Санкт-Петербурга.

Проведен анализ статистического материала по выбросам загрязняющих веществ от стационарных источников и автотранспорта. Представлена квалиметрическая модель комплексной оценки уровня загрязнений воздушной среды города [2]. Показана связь заболеваемости органов дыхания взрослого населения Санкт-Петербурга в 2008—2018 годах, во взаимосвязи с возможным влиянием химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Дается интегральная оценка экологической напряженности территории по всей совокупности параметров, характеризующих уровень экологического состояния города и неразрывно связанных с понятием качества жизни населения. Квалиметрическая модель комплексной оценки уровня загрязнений воздушной среды Санкт-Петербурга может иметь практическую значимость при разработке программ регионального развития.

Выполнение данных проектов поддержит теоретические исследования, ориентируя их на актуальные потребности практики, позволит создать и внедрить в практику инструментальные средства, способствующие оптимизации решений в различных сферах и уровнях управления, повышению информационной безопасности информационно-телекоммуникационных систем.

Апробация предложений по отдельным перспективным направлениям в области информатики, управления и телекоммуникаций проходила в рамках международных, российских региональных научных конференций и семинаров. Кроме того, по теме исследования были опубликованы статьи и тезисы выступлений на конференциях:

Марков В.С., Сидоренко Т.В. Обеспечение информационной безопасности облачных ИТ-сервисов в условиях неопределенности и риска // Труды XI Санкт-Петербургская межрегиональная конференция «Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2019)», Санкт-Петербург, 23-25 октября 2019г. СПб:СПОИСУ .2019 .с.229-230.

Марков В.С., Иванов В.П. Использование метода условного показателя для комплексной оценки уровня загрязнения воздушной среды Санкт-Петербурга // Региональная экология №4, 2019.

Мероприятия по тематике объединенного научного совета по проблемам информатики, управления и телекоммуникаций:

– Девятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2019 (16.10.2019-18.10.2019 г.), Россия, Санкт-Петербург. Официальный сайт: [simulation.su/static/ru-immmod-2019.html](http://simulation.su/static/ru-immmod-2019.html)

– XI Санкт-Петербургская межрегиональная конференция «Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2019)» (23.10.2019- 25.10.2019г), Санкт-Петербург, (СПбНЦ РАН – учредитель конференции). Официальный сайт: [spoisu.ru/conf/ibr2019](http://spoisu.ru/conf/ibr2019)

– Городской семинар «Информатика и автоматизация». Официальный сайт: [conference.spiiras.nw.ru/seminar\\_ICT/](http://conference.spiiras.nw.ru/seminar_ICT/)

## **6 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области наук о Земле**

В 2019 году были продолжены работы в рамках госзадания, часть работ была реализована в развитие соответствующих пунктов разработанной СПбНЦ РАН Программы фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года.

Наряду с этим, в ходе выполнения работы в рамках госзадания были выявлены новые перспективные направления, которые не были включены ранее в Программу фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года:

- Изучение донных ландшафтов Ладожского озера;
- Изучение распределения донных осадков Ладожского озера;
- Изучение донного рельефа Ладожского озера;
- Изучение геоморфологии берегов Ладожского озера;
- Изучение эффективности линеamentного анализа для выявления особенностей рельефа и сети тектонических нарушений;
- Изучение физико-географических характеристик Новой Земли на современном уровне;
- Изучение возможностей международного научного сотрудничества в плане совместных российско-индийских проектов мониторинга экологического состояния внутренних водоемов Индии.

Донные ландшафты Ладожского озера впервые успешно изучаются с помощью подводной фототелекамеры. В первый же год интенсивных исследований (2019) обнаружен ряд важных фактов строения дна озера.

В 2019 г. начаты площадные исследования донных осадков Ладожского озера (северная часть), сделаны первые выводы о распределении осадков, в том числе тяжелой фракции береговых отложений.

Продолжается изучение береговой зоны Ладожского озера с помощью беспилотного летательного аппарата. Этот метод признан весьма эффективным для выявления геоморфологических особенностей береговой зоны озера.

Изучение геоморфологии дна и берегов Ладожского озера проводится, в частности, с помощью прогрессивного картографического метода – линеamentного анализа, который не только выявляет закономерности рельефа, но и приводит к выводам о рисунке разрывных нарушений в данном районе.



Проводилось обобщение данных о физико-географических характеристиках Новой Земли (в том числе состоянии озер) на современном уровне, что нашло свое отражение в переизданной в 2019 г. монографии «Новая Земля».

Накопленный опыт в изучении континентальных водоемов вызвал интерес индийских коллег, совместно с которыми в стенах СПбНЦ был проведен научный семинар «Problems of conservation and rational use of lake resources».

Публикации по результатам исследований:

1) Анохин В.М., Дудакова Д.С., Дудаков М.О. Геоморфология и типизация берегов Ладожского озера по данным съемки беспилотного летательного аппарата // Геоморфология. 2019, №1. С. 25-38. (SCOPUS)

2) Анохин В.М., Науменко М.А. Результаты изучения геоморфологических особенностей дна Ладожского озера на основе цифровой модели рельефа // Материалы II Международной конференции «Озера Евразии: проблемы и пути их решения» КАЗАНЬ, 19-24 мая 2019 г.

3) Дудакова Д.С., Анохин В.М., Дудаков С.М. Использование необитаемого подводного аппарата для исследования бентофауны сублиторали и абиссали Ладожского озера // Морские исследования и образование - MARESEDU 2019. 28-31 октября 2019, Москва, ИОРАН

4) Анохин В.М., Егоров А.Ю., Тюрина А.А., Волкова Д.В. Опыт проведения регионального линеamentного анализа в группах // Материалы Герценовских чтений - 2019. 18 апреля 2019 г.

5) Анохин В.М., Томилин В.И., Батанов Ф.И., Дудакова Д.С., Уличев В.И. Особенности распространения тяжелой фракции в береговых отложениях Ладожского озера // Материалы II Международной конференции «Озера Евразии: проблемы и пути их решения» КАЗАНЬ, 19-24 МАЯ 2019 г.

6) Vladimir Anokhin, Dina Dudakova, Mikhael Dudakov, Vladimir Rybakin, Mikhael Naumenko, and Vladimir Ulitchev. The results of geological and geomorphological studies of the bottom and shores of Lake Ladoga 2015-18 years // Geophysical Research Abstracts Vol. 21, EGU 2019-2198-1, 2019 EGU General Assembly 2019 © Author(s) 2018. CC Attribution 4.0 license.

7) Dudakova D., Anokhin V., Dudakov M., Judin S. Mapping Rocky Coastal Landscapes in Northern Lake Ladoga around the islands of Raipatsaari and Lussikainluoto // GEONAB 2019 Marine geological and biological habitat mapping. Saint-Petersburg Russia. May 13-17. 2019. P.51-52.

8) Lev Maslov and Vladimir Anokhin. Regularities in orientation and length distributions of the Earth's crustfaults and lineaments // Geophysical Research Abstracts Vol. 21, EGU 2019-2198-1, 2019 EGU General Assembly 2019 © Author(s) 2018. CC Attribution 4.0 license.

9) Анохин В.М., Дудакова Д.С., Дудаков М.О., Рыбакин В.Н. – Результаты геолого-геоморфологических исследований дна и берегов Ладожского озера в 2015 – 2019 гг. // Материалы Международной конференции (Школы) по морской геологии, Москва, ИОРАН, 18-22 ноября 2019 г.

10) Новая Земля. Монография. Под общей редакцией П.В. Боярского. – Москва: Издательство «Европейские издания – Paulsen». Коллектив авторов, в т.ч. В.М. Анохин: Глава 02 «Физико-географическая характеристика архипелага», разделы: 01 «Моря, омывающие архипелаг», 02 «Геологическое строение», 03 «Геоморфология», 07 «Реки и озера», 08 «Почвы». издание 2-е. Февраль 2019. 410 с.

Мероприятия, которые были проведены (конференции, семинары, круглые столы):

1) Организация на Генеральной Ассамблее Европейского союза наук о Земле секции «Conceptual Tectonics: Proof and Refutation in Tectonic Knowledge» (конвинер – В.М. Анохин). Вена, Австрия, 2019 EGU General Assembly 7-12 апреля 2019 г.

2) Международная конференция «Герценовские чтения – 2019». Секция «География и природопользование» (Председатель – В.М. Анохин). Санкт-Петербург, РГПУ им. А.И. Герцена. 18 апреля 2019 г.

3) Международная конференция «ГЕОНАВ 2019: Marine geological and biological habitat mapping». ВСЕГЕИ, Saint-Petersburg Russia. May 13-17. 2019.

4) II Международная конференция «Озера Евразии: проблемы и пути их решения» КАЗАНЬ, 19-24 мая 2019 г.

5) Международная конференция MARESEDU 2019. 28-31 октября 2019, Москва, ИОРАН

6) Международная конференция (Школа) по морской геологии. Москва, ИОРАН, 18-22 ноября 2019 г.

7) Международный российско-индийский научный семинар «Problems of conservation and rational use of lake resources». СПб., СПбНЦ, Объединенный совет наук о Земле. 28 августа 2019 г.

## **7 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области биологии и медицины**

В 2019 году по разделу исследований в области биологических и медицинских наук были продолжены работы в рамках Госзадания. Проведен анализ ряда продолжающихся приоритетных исследований по проектам, включенным в разработанную в СПбНЦ РАН, Программу фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года по разделам – 7.1. - «Микробиом и макроорганизм» и 7.2. - «Молекулярная медицина, Онкология, Иммунология».

Наряду с этим, в ходе выполнения работ по Госзаданию, были выявлены и обоснованы новые перспективные проекты, которые ранее не были включены в Программу фундаментальных научно-исследовательских работ. Так, в частности, по направлению «Микробиом и макроорганизм», появляется все больше актуальных исследований по неадекватной терапии антибиотиками часто сопровождающиеся серьезными дисбиотическими состояниями и возникновением лекарственной устойчивости бактерий к антибиотикам, вызванными нарушением микробиоты заболевших. По разделу «Молекулярная медицина, Онкология, Иммунология», анализ последних исследований ученых позволяет делать выводы о новых возможностях в области диагностики и терапии онкологических болезней, влияния микробиоты на механизмы канцерогенеза, иммунную, генную терапию. По этим направлениям была проведена аналитическая работа и опубликованы обзорные статьи.

### **7.1 Направление «Микробиом и макроорганизм»**

#### **7.1.1 Механизмы множественной устойчивости бактерий к антибиотикам**

Учитывая, что в настоящее время, как в нашей стране, так и за рубежом взят курс на интенсивное, опережающее развитие молекулярной медицины, а без изучения молекулярных механизмов, лежащих в основе возникновения и развития заболеваний прогресс в этой области науки невозможен. Подобные исследования необходимы для обеспечения конкурентоспособности отечественной медицины и фармакологии и выхода их на мировой уровень.

Характерными особенностями молекулярной медицины, является ее индивидуальный характер, направленный на коррекцию патологического процесса у конкретного человека с учетом уникальных особенностей его генома (персонализированная медицина). Исследования генома человека заложили основу ее молекулярному направлению, благодаря которому разработаны универсальные методы

диагностики наследственных болезней, заложены основы фармакогенетики (основы индивидуальной чувствительности к лекарственным препаратам) и фармакогеномики (разработка новых лекарств направленного действия для индивидуальной молекулярной терапии), решаются проблемы адресной доставки и регулируемой экспрессии генов с целью эффективной генной терапии.

Существование человека как вида всегда происходило в непосредственном взаимодействии с микроорганизмами. Микробиом – это комплексное сообщество микроорганизмов, обитающее в сходной экологической среде и включающее как бактерии, так и простейшие, и вирусы. В результате эволюции сформировался тщательно регулируемый баланс между эндогенным микробиомом и человеком.

Если ранее микробиота или так, называемые условно-патогенные бактерии, рассматривались исследователями исключительно как возможные возбудители заболеваний, то в последние годы взгляд на микроорганизмы драматическим образом изменился. Оказалось, что микробиота человека не просто вступает во взаимодействие с потенциальными патогенами, обеспечивая барьерную функцию организма, но и влияет на функционирование всех систем организма. Возникшее понимание глобальной и сильно недооцененной ранее роли микробиоты для формирования здоровья и профилактики разнообразных заболеваний человека оживила научный интерес исследователей к использованию средств коррекции микробиоты – живых микроорганизмов (пробиотиков) или веществ, благотворно влияющих на восстановление микробиоты (пребиотиков).

С появлением новых методических возможностей в изучении генома, метаболома и протеома человека и бактерий методами секвенирования нового поколения и масс-спектрометрии, стала возможной разработка инновационных методов, направленных на быстрое восстановление индивидуальной микробиоты. Поэтому разработка технологий, направленных на своевременное восстановление микробиоценоза посредством введения в организм отдельных микроорганизмов или их консорциумов и оценка специфических свойств отдельных микробных штаммов – пробиотиков позволит конкретизировать сферы их реального клинического применения, станет ключом к терапии патологий.

В настоящее время в медицине произошли серьезнейшие изменения как в спектре заболеваемости в целом, так и в спектре инфекционных патологий, во многом вызванных возбудителями, ранее относившимися к малопатогенным (энтерококки, кишечная палочка, эпидермальные стафилококки, стрептококки группы В, пилорический хеликобактер) и обладающими широким спектром лекарственной устойчивости. При этом неадекватная терапия антибиотиками часто сопровождается серьезными дисбиотическими состояниями, вызванными нарушением микробиоты заболевших. Таким образом,

современная медицина «расплачивается» за чрезмерный энтузиазм, возникший после начала широкого применения антимикробных препаратов

Появление множественной лекарственной устойчивости (МЛУ) ко все более широкому спектру антибиотиков у все большего числа патогенных бактерий представляет на сегодняшний день серьезную угрозу здоровью человечества. Отчасти это связано с бесконтрольным использованием антибиотиков не только в клинической практике, но и в различных отраслях сельского хозяйства. МЛУ обусловлена двумя механизмами: 1) накоплением генов устойчивости в результате интенсивного отбора при действии антибиотиков и 2) активным горизонтальным переносом генов устойчивости. Для понимания причин возникновения полирезистентности бактериальных штаммов к антибиотикам необходимо знание механизмов действия антибиотиков, механизмов возникновения устойчивости к отдельным антибиотикам и механизмов накопления и передачи генов устойчивости между бактериями [1].

Бактерии существуют на Земле более 3,5 млрд лет, и за это время они освоили все возможные ниши обитания. У прокариот геном устроен относительно просто: представлен бактериальной хромосомой и плазидами, внехромосомными элементами, способными к автономной репликации. Размер геномов различных бактерий варьирует в широких пределах. Как правило, бактерии с наименьшими геномами — это паразиты или симбионты, а организмы с крупными геномами обитают в сложных по структуре экосистемах с широким диапазоном условий. Однако такой «простой» геном прокариот является эффективной пластичной системой. Он позволяет приспосабливаться к практически любым условиям существования благодаря механизмам горизонтального переноса генов и многообразию мобильных элементов, осуществляющих этот перенос.

Многие из антибиотиков представляют собой молекулы, полученные естественным путем. Именно природные химические вещества, оказывающие антибактериальное действие, и были названы антибиотиками, позднее к ним стали относить и полусинтетические, и синтетические противомикробные препараты. В природе микроорганизмы производят различные антибиотики, как своего рода способ борьбы одних видов с другими за освоение ниш обитания и пищевых ресурсов. Не удивительно, что продуценты антибиотиков имеют природную устойчивость к веществам, которые производят. Первоначально к антибиотикам относили именно природные вещества с антимикробным действием. На сегодняшний день существуют разнообразные способы классификации антибиотиков, в том числе по происхождению, по классам химических веществ, по продуцентам, по мишени действия и т. д. Действие антибиотиков может быть бактериостатическим и бактерицидным. По механизмам действия антибиотики можно

разделить на следующие четыре группы: 1) подавляющие синтез клеточной стенки; 2) нарушающие функции цитоплазматической мембраны; 3) ингибирующие синтез белка на рибосомах; 4) ингибирующие синтез нуклеиновых кислот. [2].

Внутри каждого класса антибиотиков к настоящему времени уже существует несколько поколений препаратов: каждое следующее отличается от предыдущего стабильностью, субстратным спектром, присутствием ингибиторов, но принципиальный механизм действия схож у антибиотиков разных поколений, входящих в одну и ту же группу.

1) Антибиотики, подавляющие синтез клеточной стенки. Клеточная стенка у бактерий имеет жесткую структуру, в ее основе находится пептидогликан, состоящий из полисахаридов и полипептидов. Пептидогликан образует сетчатую структуру с поперечными сшивками, которая придает клеточной стенке прочность. Все антибиотики, подавляющие синтез клеточной стенки, имеют ряд общих свойств: они обладают бактерицидным эффектом, не действуют на покоящиеся клетки, на бактерии, утратившие клеточную стенку, такие как микоплазмы. Эти антибиотики могут нарушать синтез основных компонентов клеточной стенки (D-аланиновые димеры и N-ацетилмурамовой кислоты), блокировать работу ферментов, вовлеченных в образование клеточной стенки, и препятствовать образованию сшивок пептидогликана.

2) Антибиотики, действующие на функции цитоплазматической мембраны, нарушают ее проницаемость и способствуют выделению многих компонентов цитоплазмы в окружающую среду, что и вызывает последующий лизис бактериальной клетки.

3) Ингибирование синтеза белка в результате действия антибиотиков может быть обусловлено различными механизмами и происходить на разных этапах этого процесса. Стоит отметить, что такое подавление может быть временным, и тогда действие антибиотиков будет бактериостатическим. Но если связывание антибиотика с отдельными компонентами аппарата белкового синтеза необратимо, то это приводит к бактерицидному действию антибиотика. На фоне остановки синтеза белка при действии антибиотиков, как побочный эффект могут наблюдаться блок инициации репликации ДНК, блок синтеза РНК, нарушение формирования клеточной стенки.

4) Антибиотики, ингибирующие синтез нуклеиновых кислот (РНК и ДНК). Ингибиторы матричных функций связываются с ДНК самых разных клеток, их действие неспецифично, они подавляют рост любых клеток, в которые могут проникнуть. Ингибиторы ферментов обладают избирательным действием. Они подавляют рост только прокариотических или только эукариотических клеток. Ингибиторы синтеза

предшественников нуклеиновых кислот — антиметаболиты. Они взаимодействуют с ферментами, узнающими в норме природный метаболит, препятствуют взаимодействию с природными метаболитами и выводят их из зоны контакта в активном центре фермента.

Таким образом, большое разнообразие антибиотиков с широким арсеналом механизмов действия позволяет атаковать разные мишени, охватывая всю клетку. Тем не менее бактерии находят способы противостоять этой атаке.

- Механизмы устойчивости бактерий к антибиотикам.

Устойчивость бактерий к антибиотикам может быть врожденной и приобретенной. Врожденная устойчивость характеризуется отсутствием у микроорганизмов мишени действия антибиотика или недоступностью мишени вследствие исходно низкой проницаемости клеточной стенки или ферментативной инактивации антимикробного агента. Такая устойчивость является видоспецифичной для бактерий. Приобретенная устойчивость возникает вследствие отбора микроорганизмов при действии антимикробного средства либо за счет возникновения мутаций хромосомной или плазмидной ДНК, либо путем горизонтального переноса генов устойчивости. Классификацию типов устойчивости можно проводить по группам антибиотиков. Но так как биохимические механизмы устойчивости бактерий к антибиотикам из разных групп часто одинаковы, то удобной является классификация по механизмам устойчивости, при этом исследователи группируют их по-разному, выделяя от трех до пяти групп. Разделение на три основные группы представляется наиболее логичным: 1) инактивация и модификация антибиотика; 2) модификация сайта-мишени, замена и защита мишени от действия антибиотика; 3) снижение концентрации антибиотика внутри клетки, в том числе и эффлюкс. Приобретенная устойчивость — штаммоспецифичный признак. Разные бактерии могут обладать разными механизмами устойчивости к одинаковым противомикробным агентам. Таким образом, устойчивость бактерий к антибиотикам может зависеть от бактерии, от агента и от механизма устойчивости. [2,3].

Помимо этого у бактерий есть механизм активного выведения антибиотиков из клетки, связанный с работой специализированных белковых трансмембранных помп, так называемый активный эффлюкс. Таким способом из клетки могут выводиться практически все классы антибиотиков, кроме гликопептидов, что может приводить к множественной устойчивости к антибиотикам у самых разных видов бактерий.

Таким образом, устойчивость бактериальных клеток к антибиотикам может определяться целым рядом генов, кодирующих специфичные белки, разрушающие антибиотики (бета-лактамазы), защищающие мишень действия антибиотика (гены белков RPP), обеспечивающие активный эффлюкс антибиотиков (локус *mag* и другие гены

транспортеров). [4]. Кроме того, устойчивость может быть связана с мутациями генов, кодирующих мишени действия антибиотиков. Однако сложно представить себе, что все эти многочисленные варианты генов, придающие бактериям устойчивость к нескольким антибиотикам одновременно, могут возникнуть за короткий срок в одном штамме благодаря мутационному процессу. Бактерии нашли другой путь достижения МЛУ — разнообразные механизмы горизонтального переноса, позволяющие даже филогенетически отдаленным видам бактерий обмениваться генетической информацией.

- Механизмы горизонтального переноса генов

Основными механизмами горизонтального переноса являются трансдукция, конъюгация и трансформация. С помощью этих механизмов бактерии способны обмениваться как плазмидами, так и разнообразными мобильными элементами. [5].

Трансдукция представляет собой важный механизм в геномной эволюции прокариот. Значительная часть прокариотического сообщества, существующего в почвенных и водных экосистемах, инфицирована фагами. Бактериофаги, активируя литический цикл, могут захватывать участки бактериального генома и, таким образом, играть важную роль в горизонтальном переносе генов между бактериями.

Еще один механизм горизонтального переноса — конъюгация. У грамотрицательных бактерий для этого процесса используется система секреции IV типа, что приводит к образованию пилей, создающих межклеточные контакты между бактериями. Однако некоторые бактерии могут формировать контакты с поверхностью различных типов клеток, включая не только грамотрицательные, грамположительные бактерии, но и дрожжи, растительные и животные клетки. Каждый тип системы переноса активируется различными феромонами. Уже имеющиеся в бактериальной клетке плазмиды не только супрессируют продукцию и высвобождение родственных феромонов, но и продуцируют их пептиды-антагонисты. Система тонко регулируется, позволяя перенос только к ограниченной группе бактериальных видов. Однако существуют исключения: например, золотистый стафилококк продуцирует родственные энтерококкам феромоны и тем самым стимулирует энтерококки вступать в конъюгацию, что способствует межродовому распространению признаков, например, устойчивости к ванкомицину.

И наконец, еще один способ передачи чужеродной ДНК — трансформация. При трансформации необходимы высвобождение и стабилизация экстраклеточной ДНК, наличие компетентных клеток и способность стабилизировать полученную ДНК рекомбинацией. Большое число видов разных бактерий и архей характеризуется



естественной компетентностью — способностью включать ДНК из окружающей среды. Компетентность активируется в ответ на присутствие некоторых антибиотиков.

ДНК для трансформации бактерии получают из разрушенных клеток или вирусных частиц. Кроме того, активная экскреция ДНК из живых клеток характерна для многих родов бактерий.

Ограничение на горизонтальный перенос генов накладывает существование межвидового барьера в передаче чужеродной ДНК, создающегося за счет поверхностного исключения, различных систем рестрикции-модификации, а также ограничения репликации плазмид. Поверхностное исключение не является абсолютным барьером для переноса большинства плазмид, а скорее обеспечивает разбиение пар клеток после переноса генов и высвобождение реципиента, для того чтобы он мог передать плазмиды новым потенциальным реципиентам. Системы рестрикции-модификации не способны создавать межвидовые барьеры для передачи многих плазмид с широким кругом хозяев, поскольку такие плазмиды утратили большую часть сайтов рестрикции. Барьер репликации плазмид, связанный с совместимостью систем репликации плазмиды с хозяйскими белками (ДНК-полимеразой III, белком Ssb и гистонподобными белками), также не ограничивает передачу плазмид с широким кругом хозяев. Такие плазмиды, как правило, имеют более гибкую систему репликации, обеспечивающую рекрутирование хозяйских белков.

Таким образом, разные бактериальные виды используют разные механизмы горизонтального переноса. Разнообразие этих механизмов ограничивает межвидовую передачу, поглощение и стабилизацию чужеродной ДНК из бактерий.

Кроме традиционных и хорошо охарактеризованных механизмов передачи генетической информации недавно у бактерий был описан совершенно новый механизм, позволяющий обмениваться практически любыми внутриклеточными молекулами вплоть до плазмид. Обмен между соседними клетками происходит благодаря нанотрубкам, представляющим собой мембранные выросты.

Итак, в целом разные бактериальные виды используют разные механизмы горизонтального переноса, число этих процессов ограничивает передачу, поглощение и стабилизацию чужеродной ДНК из разных видов бактерий. Кроме того, чужеродная ДНК, не имеющая гомологии, не может интегрировать в хромосому или плазмиду, а значит, деградирует.

- Элементы, осуществляющие горизонтальный перенос генов.

Основными элементами, осуществляющими горизонтальный перенос генов, являются плазмиды, в том числе R-плазмиды, связанные с распространением генов

устойчивости к антибиотикам. Помимо различных плазмид, бактерии обладают целым спектром разнообразных мобильных элементов для горизонтального переноса: к ним относятся инсерционные последовательности (IS — Insertion Sequences и ISCR — Insertion Sequences with Common Region), транспозоны (Tn), интегроны, интегрирующие конъюгативные и мобилизуемые элементы (ICE — Integrative Conjugative Elements, IME — Integrative Mobilizable Elements), геномные островки (GI — Genome Island).

Большинство R-плазмид состоит из двух участков ДНК: RTF (Resistance Transfer Factor) и *r*-детерминанты. RTF содержит гены, регулирующие репликацию ДНК и число копий плазмиды, гены переноса (transfer) и иногда гены устойчивости к тетрациклину (tet). *r*-Детерминанта имеет варьирующий размер и содержит другие гены устойчивости к различным антибиотикам. Двухкомпонентные R-плазмиды возникли в результате приобретения транспозонов с генами устойчивости к антибиотикам. Эти плазмиды могут ассоциировать и диссоциировать. Существование такого равновесия дает возможность для возникновения феномена амплификации генов устойчивости, что приводит к возникновению штаммов, устойчивых к более высоким дозам антибиотиков.

Многие плазмиды не способны к автономной передаче, но могут быть мобилизованы в присутствии конъюгативных плазмид благодаря взаимодействию мобилизационных белков, кодируемых плазмидами и собирающихся на ориджине переноса.

Было показано, что частоты конъюгативной передачи R-плазмид в природе на несколько порядков выше, чем в лабораторных условиях. Обмен плазмидами в кишечных трактах животных и людей происходит, что называется, свободно.

Целый спектр мобильных элементов способен переносить гены как в пределах одной молекулы ДНК, так и между разными молекулами в одной клетке и может обеспечить межклеточное распространение генов в ходе конъюгации, трансдукции и трансформации.

Транспозоны представляют собой еще один многочисленный класс элементов, участвующих в горизонтальном переносе. Транспозоны разделяют на сложные и простые, которые, вероятно, произошли от сложных. Сложные транспозоны, возможно, возникли из IS-элементов, которые случайно оказались рядом друг с другом. Они содержат гены устойчивости к антибиотикам, фланкированные идентичными (или почти идентичными) копиями IS-элементов. Инактивация одного элемента мутацией не нарушит способности к перемещению самого транспозона. В случае если транспозон локализуется на небольшой плазмиде, то он ведет себя как два различных транспозона. В результате этого «кассеты» генов, фланкированные IS-элементами, могут перемещаться по геному [6].

Важный вклад в горизонтальный перенос и распространение генов устойчивости вносят и более сложные модульные системы: интегроны, ICE, ICE и геномные островки.

Интегроны — рекомбинационная система, способная захватывать гены в форме кассет. Хотя интегроны не являются мобильными элементами сами по себе, их связь с транспозонами, IS и конъюгативными плазмидами делает их основными векторами для распространения генов устойчивости к антибиотикам внутри и между различными видами бактерий.

Горизонтальный перенос не является спонтанным событием — существует тонко регулируемая система контроля активности мобильных элементов, служащая объектом эволюционных изменений и селекции этих мобильных элементов.

Анализируя вышесказанное, необходимо обобщить, что на сегодняшний день серьезную проблему представляет приобретенная устойчивость к антимикробным веществам. Причем в клинической практике к настоящему времени помимо МЛУ (Multiply Drug Resistance, MDR) к нескольким типам антибиотиков принято выделять устойчивость к широкому спектру антибиотиков (*extensively drug-resistant*, XDR) и устойчивость ко всем классам антибиотиков (*pandrug-resistant*, PDR). Прокариоты избрали свою эволюционную стратегию: основным способом рекомбинации генетического материала у них служит горизонтальный перенос генов с помощью как автономно реплицирующихся молекул ДНК, так и разнообразных мобильных элементов. Биоинформатический и метагеномный анализ показал, что большинство генов (если не все прокариотические гены) участвовали в горизонтальном переносе между видами. «Выживание наиболее приспособленных» является следствием огромной генетической пластичности бактериальных патогенов, которая приводит к мутационным адаптациям, приобретению генетического материала или изменению генной экспрессии, придающим устойчивость практически ко всем антибиотикам, доступным в настоящее время в клинической практике. Кроме того, из-за выброса в окружающую среду большого количества токсичных ароматических и галогеносодержащих веществ (не только антибиотиков, но и гербицидов и т. д.) появились мутанты, способные их утилизировать. В дальнейшем гены с приобретенными мутациями с помощью горизонтального переноса могли быть собраны в одной клетке. В результате под действием отбора, несмотря на механизмы межвидового барьера, бактерии приобрели способность обмениваться любой частью генома. Штаммы со множественной лекарственной устойчивостью описаны уже не только в клинических изолятах, но и в естественной природе. Уже можно говорить о природных резервуарах устойчивых к антибиотикам бактерий, грозящих новыми рисками распространения и появления новых патогенных видов бактерий с МЛУ, которые раньше

не были клинически значимы. Бактериальный ответ на антибактериальное «нападение» — это яркий пример адаптации и вершина эволюции. И тем не менее использование антибиотиков остается осознанной необходимостью в клинической практике, а при разработке новых антибиотиков необходимо понимание того, что микроорганизмы будут реагировать на них и устойчивость к ним будет развиваться.

#### 7.1.2 Изучение микробиома человека как основы для коррекции инфекционных и неинфекционных патологий

Возникновение и жизнедеятельность человека как вида всегда были связаны с микроорганизмами, которые оказывали влияние на его организм при совместном существовании в окружающей среде и непосредственном участии в процессах, происходящих внутри тела конкретного индивидуума. В результате эволюции этих взаимоотношений сформировалась сложная внутренняя экология, существующая внутри каждого человека и включающая тонкий и точно регулируемый баланс между эндогенной микробиотой и ее носителем, а также между окружающим миром микроорганизмов и людей. До последнего времени значение микрофлоры в жизни человека недооценивалось, а сами микроорганизмы рассматривались исключительно в качестве возбудителей различных патологических состояний.

Появление метагеномных технологий и новых методических возможностей молекулярной иммунологии и спектроскопии позволило переоценить представления о самой микробиоте и о ее значении в функционировании органов и систем. Оказалось, что микробиота человека не просто вступает во взаимодействие с потенциальными патогенами, обеспечивая барьерную функцию организма, но и влияет на функционирование иммунной системы, на обмен веществ, эндокринную систему, функционирование сердечно-сосудистой и даже на развитие и функционирование центральной нервной системы. Возникшее понимание глобальной и сильно недооцененной ранее роли микробиоты для формирования здоровья и профилактики разнообразных заболеваний человека оживила научный интерес исследователей к использованию средств коррекции микробиоты.

Кроме того, с появлением новых технологий, в первую очередь связанных с секвенированием ДНК, открылся ранее неизвестный микромир, который во многом определяет возможность самого существования человека и физиологического функционирования его органов и систем. Понятие здоровой микрофлоры и прежде всего части, представленной условно-патогенными бактериями, рассматривается в настоящее время исследователями в качестве не столько возможных возбудителей заболеваний,

сколько представителей, обеспечивающих защитную барьерную функцию организма, и вступающих в тесное взаимодействие с потенциальными патогенными агентами.

Изменившаяся к началу 21 века структура инфекционной заболеваемости, связанная с появлением новых бактериальных и вирусных возбудителей, устойчивых к большинству лекарственных препаратов, ставит сложные и порой неразрешимые задачи. Существующие подходы терапии инфекционных заболеваний часто не учитывают особенности возбудителя, что приводит к безуспешному лечению и формированию новых лекарственно устойчивых форм. Не принимается во внимание и специфика воздействия использованных средств на организм пациента, что приводит к нарушениям у него микроэкологии и возникновению дисбиоза. Как правило, вакцинация профилактики инфекционных патологий основывается на устаревших подходах, не учитывающих результаты последних метагеномных исследований и характер регионального распространения эпидемических штаммов бактерий и их факторов патогенности. Понимание закономерностей взаимодействия человека с миром микроорганизмов позволит существенно продвинуться в формировании новых персонифицированных подходов в коррекции и профилактике многих заболеваний, т.к. известно, что инфекции в острой или хронической форме являются первопричиной подавляющего большинства болезней человека. Развитие предлагаемого научного направления позволит существенно пополнить необходимый багаж фундаментальных знаний, а также сформировать ряд новых подходов, направленных на профилактику и лечение заболеваний человека неинфекционной и инфекционной природы. [7].

Микробиота человека – это совокупность всех микроорганизмов, населяющих тело человека, а микробиом – совокупность всех генов этих микроорганизмов. Микробиота является важнейшим экстракорпоральным органом, в сотни раз превосходящим по количеству клеток и размеру генома остальной организм. [8]. Однако до последнего времени значение микробиоты в определении состояния макроорганизма недооценивалось. С появлением новых молекулярных методов стало понятно, что восстановление здоровья человека невозможно без коррекции нарушений микробиоценоза, который является индивидуальным для каждого человека. Это понимание привело к развитию новых технологий, направленных на сохранение персональных микробиоценозов с целью их изучения и, по возможности, использования в целях терапии. Основные эффекты нормальной микробиоты человека заключаются в регуляции множества физиологических функций организма, таких как участие во всех видах обмена веществ, пищеварении, детоксикации, синтезе витаминов и незаменимых аминокислот, водно-солевом обмене, регуляции иммунитета и др.

Научная новизна исследований микробиома и микробиоты человека заключается в том, что в этом направлении мировой науки исследователям предоставляется уникальный шанс приобрести новые фундаментальные знания.

С 2010 года в России реализуется национальный проект «Микробиота (Микробиом) российского человека», объединяющий институты Москвы, Санкт-Петербурга, Красноярска, Новосибирска, работающие в области гастроэнтерологии и молекулярной биологии. Масштабно проводятся эксперименты по секвенированию образцов ДНК из кишечника человека. Эти исследования являются приоритетными направлениями развития науки и технологий в РФ (раздел «Живые системы», критические технологиям РФ; раздел «Биомедицинские и ветеринарные технологии жизнеобеспечения и защиты человека и животных»). В перспективе при реализации этого проекта будет решен целый комплекс задач, главной из которых является укрепление здоровья населения. Другим значимым направлением является возможность получения фундаментальных знаний об организации микробиоты, основных видах и флотипах микроорганизмов, с которыми ассоциированы различные заболевания человека, о взаимодействиях, о механизмах, определяющих связи организма индивидуума с его генотипом, характером питания, образом жизни, о путях формирования дисбиотических состояний и коррекции изменений микробиоты с помощью микробных или немикробных препаратов.

Микробиота не только определяет физиологическое состояние желудочно-кишечного тракта, но и напрямую связана с возникновением таких патологий человека как ожирение, артериальная гипертензия, диабет, онкологические заболевания различной локализации, нарушения со стороны ЦНС, сердечно-сосудистые отклонения и др. Принимая во внимание тот факт, что состав микробиоты является индивидуальным для каждого человека, ее исследование как нельзя лучше вписывается в набирающую силу концепцию точного (персонализированного) медицинского подхода.

Поэтому, очень важно приобретать фундаментальные знания об индивидуальных микробиоценозах, о структурной организации взаимодействия микробиоты человека в норме (в различных областях проживания, при разнообразных диетических особенностях, возрасте и др.) и при возможных соматических расстройствах, а также инфекционных заболеваниях, с целью создания новых микробиомных подходов к диагностике и терапии существующих соматических патологий. Именно создание целостной картины взаимодействия организма человека с микробиоценозом может стать основой для коррекции инфекционных и неинфекционных патологий человека. [8].

В последние годы ряд исследований направлен на изучение острых кишечных инфекций, что привело к появлению новых данных о связи между составом кишечной микробиоты, кишечными инфекциями и здоровьем. Известно, что инфекции в острой или хронической форме являются первопричиной подавляющего большинства заболеваний человека. В настоящее время уделяется внимание работам, посвященным анализу влияния состава микробиоты на воспалительные заболевания кишечника (неспецифический язвенный колит (НЯК), болезнь Крона (БК), цирроз печени, неврологические заболевания (болезнь Паркинсона, Альцгеймера), психиатрические (РАС, шизофрения)), а также на функции мозга (поведение, нейровизуализацию, нейротрансмиттеры), сердечно-сосудистые и онкологические заболевания и др.

Роль микробиоты в патогенезе воспалительных заболеваний кишечника рассмотрена в работах многих авторов, достаточно полно проанализировавших вопрос о дефинициях дисбиоза кишечника (толстой и тонкой кишки), основные показатели нормобиоценоза желудочно-кишечного тракта у здоровых людей; классификацию эубиоза; данные о пристеночной и внутрипросветной микрофлоре, её основных функциях и их регуляция; особенностях толстокишечного и тонкокишечного дисбиоза, их классификации; критериях вирулентности условно-патогенной микрофлоры, современные методы диагностики дисбиоза толстой и тонкой кишки. В ряде работ обсуждаются дискуссионные терминологические вопросы, оцениваются возможности современных методов лечения дисбиоза кишечника и его клинически манифестных форм – антибиотико-ассоциированной диареи и псевдомембранозного колита, представлены новые гипотезы о роли филогенетическом ядра микрофлоры толстой кишки здорового человека и о симбионтном пищеварении, их обоснование и перспективы изучения. [9].

- **Болезнь Крона**

Используя 16S рРНК секвенирование, команда F. Imhann обнаружила значительные изменения в составе микробиоты у пациентов с высоким генетическим риском развития болезни Крона (БК). Эти риски ассоциировались с сокращением популяции *Roseburia*, которые преобразуют короткоцепочечную жирную кислоту (КЦЖК) ацетат в бутират. Прогноз исхода хирургического лечения БК может зависеть от степени дисбиоза: это подтверждается тем фактом, что у пациентов с ремиссией после хирургической операции наблюдалось большее микробное разнообразие по сравнению с пациентами с рецидивами заболевания.

- **Неспецифический язвенный колит**

При исследовании пациентов с НЯК определяется увеличение численности бактерий из рода *Bacteroides* и уменьшение популяции *Roseburia* типа Firmicutes по

сравнению со здоровой контрольной группой. Еще более характерным для данного состояния является повышение числа бактерий, относящихся к протеобактериям, в частности *Escherichia* и снижение числа фирмикутов, таких как *Lachnospira*, *Faecalibacterium* и *Blautia*. Эти исследования свидетельствуют о том, что риски заболеть НЯК и болезнью Крона связаны со степенью микробного разнообразия и численностью отдельных популяций бактерий у пациентов.

В настоящее время большое внимание привлекает вопрос о влиянии микробиоты на функции мозга, поведение, психическое здоровье человека. Последние открытия в этой области были представлены группой учёных из Международного колледжа нейрофармакологии (CINP) на 29-ом Всемирном конгрессе в Ванкувере (Канада) в рамках конференции «Микробиота и функции мозга: вклад кишечной микрофлоры в развитие психических расстройств». (10)

Остановимся подробнее на некоторых заболеваниях, сопряженных с влиянием микробиоты на функции мозга и сопутствующие состояния, а также на поведение, неврологические патологии, психиатрические болезни, рассмотренные Конгрессе.

- Влияние микробиоты на функции мозга
- Микробиота и поведение

Роль микробиоты в формировании поведенческих особенностей и познавательных способностей продолжает изучаться. Доказано прямое влияние микроорганизмов на развитие мозга у грудных детей. Микрофлора кишечника образует особую “ось” с головным мозгом, что, в свою очередь означает возможность коррекции когнитивных функций и поведения с помощью разработки новых принципов диетотерапии. Из исследований на животных известно, что искусственное внесение всего лишь одного микроорганизма может проявляться у мышей тревожным поведением. При этом в головном мозге активируются области, ответственные за получение информации о состоянии кишечника посредством *n. vagus*.

Последние эксперименты на мышах показали, что при переносе фекальной микробиоты от одной особи к другой, реципиент приобретает поведенческие паттерны, свойственные донору. Результаты наблюдений на людях продолжают пополнять цепь доказательств огромного влияния состава кишечной микрофлоры на поведение. В частности, установлена связь между изменённым соотношением микроорганизмов слизистой у пациентов с циррозом печени и снижением у них когнитивных способностей. Большая часть имеющихся данных получена в ходе исследований на животных, у которых изменяли состав и соотношение микробиоценоза кишечника.



Текущие работы в данной области направлены на выявление специфических микроорганизмов, оказывающих непосредственное влияние на поведение.

- Нейротрансмиттеры, воздействующие на мозг

Выводы различных испытаний, посвящённых изучению механизмов влияния микроорганизмов на поведение, сходятся в том, что иммунная система до некоторой степени вовлечена в них. Известно, что используемые методы, включающие применение различных микроорганизмов, провоцируют иммунный ответ. Тем не менее, передача сигналов в системе «микробиота-кишечник-мозг» не обязательно основывается на иммунных реакциях. Неиммунные сигналы в рамках данной оси в настоящее время становятся предметом растущего научного интереса. В основе способности микробиоты включаться в ось «микробиота-кишечник-мозг» лежит механизм синтеза и идентификации нейротрансмиттеров бактериями в её составе. Способность прокариот и эукариот распознавать вещества, синтезируемые бактериями, с помощью рецепторов к широкому диапазону нейроэндокринных гормонов известна на протяжении нескольких десятилетий. Бактерии могут образовывать самые разные нейрогормоны: от соматостатина до ацетилхолина и прогестерона. Немаловажно, что микроорганизмы, населяющие ЖКТ, синтезируют нейротрансмиттеры, способные связываться с рецепторами организма хозяина (внутри- и внекишечные), причём в количествах, вызывающих нейрофизиологические сдвиги в последнем. Микробиота *in situ* продуцирует дофамин и норадреналин в объёмах, достаточных для изменения нейрофизиологических процессов в теле хозяина. Синтез и узнавание нейротрансмиттеров у млекопитающих, как правило, обеспечивается прокариотами и эукариотами. Благодаря этому факту становится понятен эволюционный механизм влияния на конкретного индивидуума и наоборот: микробная эндокринология. Данное направление находится на стыке микробиологии и нейрофизиологии и берёт своё начало с опытов, демонстрирующих нейроэндокринологический ответ человека на стресс (проявляющийся, например, синтезом норэпинефрина).

- Микробиота и нейровизуализация

Влияние оси «микробиота-кишечник-мозг» на функции последнего и поведение достаточно хорошо изучены в ряде предклинических исследований. В настоящее время подобные взаимосвязи изучаются в человеческой популяции. Нарушения звеньев оси имеют место в патогенезе таких заболеваний как, например: функциональные расстройства ЖКТ; воспалительные кишечные заболевания; ожирение; метаболический синдром.

Получены данные о вкладе микробиоценоза в патологии, ассоциированные с поражением головного мозга, не желудочно-кишечной этиологии, среди которых: тревожное расстройство, рассеянный склероз, болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона, аутизм.

Очевидно, что состав и соотношение микроорганизмов у больных и здоровых людей различаются. В некоторых экспериментах прослежена существенная корреляция между этими показателями и функциональными способностями мозга.

Один из способов выявить влияние микробиоты кишечника на мозговую активность – комбинированный подход, сочетающий в себе сопоставление параметров кишечной микрофлоры с результатами нейровизуализации и оценки эмоциональных реакций испытуемого.

Ожидается, что некоторые из имеющихся подходов будут способствовать выявлению оптимальных методов модификации микробиома и его функциональной активности, в дальнейшей идентификации медиаторов оси «кишечник-мозг»

Таким образом, за последние 5 лет произошёл огромный прорыв в изучении механизмов влияния бактериальных сигналов на функции мозга. Стало понятно, что кишечные микроорганизмы играют важную роль в патогенезе психических расстройств. Тем не менее, многие вопросы до сих пор остаются без ответов. Прежде всего, механизмы бактериального влияния на мозг пока недостаточно ясны. Прделанную работу можно считать лишь первыми шагами в изучении данной области. В дальнейшем потребуется приложить максимальные усилия для установки точной взаимосвязи между продукцией микроорганизмами нейрохимических веществ *in vivo*, взаимодействием отдельных частей бактерий (например, компонентов клеточной стенки) с иммунными клетками кишечника и изменениями в поведении. Представляется необходимым получение экспериментальных доказательств специфического связывания нейрохимических веществ, продуцируемых микробами, с кишечными и внекишечными рецепторами.

Недавно был принят пошаговый практический алгоритм изучения дизайна пробиотиков и микробных эндокринологических механизмов, лежащих в основе их действия. В настоящее время подобные работы выполняются во многих лабораториях. Ожидается, что с их помощью будут получены ответы на эти вопросы.

Вторым немаловажным направлением поиска является расшифровка индивидуальных особенностей бактерий, которые ответственны за их эффекты.

В связи с расширяющимися масштабами исследований состава и соотношения кишечной микрофлоры в естественных, клинических и экспериментальных условиях, область научного поиска в сфере метаболомики всё больше усложняется и позволяет

надеяться на уточнение деталей сигнальных каскадов и роли продуктов бактериального метаболизма.

В-третьих, следует заметить, до сих пор почти все эксперименты в упомянутой области проводились на грызунах. Для того, чтобы понять, могут ли изменения в кишечной микрофлоре оказывать положительный, так называемый психобиотический эффект на ментальное здоровье, потребуются дальнейшее изучение вопроса уже на человеческой популяции.

Несмотря на то, что в некоторых доклинических исследованиях подчёркивалось изменение состава микробиоты при депрессии и аутизме, пришло время приступить к широкомасштабному анализу структуры кишечной микрофлоры при других расстройствах, таких как: шизофрения; тревожное расстройство; наркотическая зависимость; расстройства пищевого поведения.

В ходе изучения необходимо установить наличие или отсутствие взаимосвязи с психической симптоматикой.

#### ➤ Микробиота и нейровизуализация

Влияние оси «микробиота-кишечник-мозг» на функции последнего и поведение достаточно хорошо изучены в ряде предклинических исследований. В настоящее время подобные взаимосвязи изучаются в человеческой популяции. Нарушения звеньев оси имеют место в патогенезе таких заболеваний как, например: функциональные расстройства ЖКТ; воспалительные кишечные заболевания; ожирение; метаболический синдром.

Получены данные о вкладе микробиоценоза в патологии, ассоциированные с поражением головного мозга, не желудочно-кишечной этиологии, среди которых: тревожное расстройство, рассеянный склероз, болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона, аутизм.

Очевидно, что состав и соотношение микроорганизмов у больных и здоровых людей различаются. В некоторых экспериментах прослежена существенная корреляция между этими показателями и функциональными способностями мозга.

Один из способов выявить влияние микробиоты кишечника на мозговую активность – комбинированный подход, сочетающий в себе сопоставление параметров кишечной микрофлоры с результатами нейровизуализации и оценки эмоциональных реакций испытуемого.

Ожидается, что некоторые из имеющихся подходов будут способствовать выявлению оптимальных методов модификации микробиома и его функциональной активности, в дальнейшей идентификации медиаторов оси «кишечник-мозг»

Таким образом, за последние 5 лет произошёл огромный прорыв в изучении механизмов влияния бактериальных сигналов на функции мозга. Стало понятно, что кишечные микроорганизмы играют важную роль в патогенезе психических расстройств. Тем не менее, многие вопросы до сих пор остаются без ответов. Прежде всего, механизмы бактериального влияния на мозг пока недостаточно ясны. Прделанную работу можно считать лишь первыми шагами в изучении данной области. В дальнейшем потребуется приложить максимальные усилия для установки точной взаимосвязи между продукцией микроорганизмами нейрoхимических веществ *in vivo*, взаимодействием отдельных частей бактерий (например, компонентов клеточной стенки) с иммунными клетками кишечника и изменениями в поведении. Представляется необходимым получение экспериментальных доказательств специфического связывания нейрoхимических веществ, продуцируемых микробами, с кишечными и внекишечными рецепторами.

Недавно был принят пошаговый практический алгоритм изучения дизайна пробиотиков и микробных эндокринологических механизмов, лежащих в основе их действия. В настоящее время подобные работы выполняются во многих лабораториях. Ожидается, что с их помощью будут получены ответы на эти вопросы.

Вторым немаловажным направлением поиска является расшифровка индивидуальных особенностей бактерий, которые ответственны за их эффекты.

В связи с расширяющимися масштабами исследований состава и соотношения кишечной микрофлоры в естественных, клинических и экспериментальных условиях, область научного поиска в сфере метаболомики всё больше усложняется и позволяет надеяться на уточнение деталей сигнальных каскадов и роли продуктов бактериального метаболизма.

В-третьих, следует заметить, до сих пор почти все эксперименты в упомянутой области проводились на грызунах. Для того, чтобы понять, могут ли изменения в кишечной микрофлоре оказывать положительный, так называемый психобиотический эффект на ментальное здоровье, потребуется дальнейшее изучение вопроса уже на человеческой популяции.

Несмотря на то, что в некоторых доклинических исследованиях подчёркивалось изменение состава микробиоты при депрессии и аутизме, пришло время приступить к широкомасштабному анализу структуры кишечной микрофлоры при других расстройствах, таких как: шизофрения; тревожное расстройство; наркотическая зависимость; расстройства пищевого поведения.

В ходе изучения необходимо установить наличие или отсутствие взаимосвязи с психической симптоматикой.

- Неврологические заболевания

- Болезнь Паркинсона

Исследования ученых показывают, что болезнь Паркинсона (БП) начинается с нейродегенеративных процессов в дорсальном ядре блуждающего нерва, распространяясь вверх до коры головного мозга. При этом зарегистрированы случаи дегенеративного изменения нервной системы кишечника, соединенного с головным мозгом блуждающим нервом. Наличие данной информации, а также дебют заболевания у некоторых пациентов с гастроинтестинальными симптомами за многие годы до появления неврологической моторной симптоматики привели к изучению роли микробиоты в патогенезе заболевания. Секвенирование 16S рРНК генов фекальной микрофлоры у пациентов с болезнью Паркинсона выявило уменьшение представительства *Prevotellaceae* и увеличение *Lactobacillaceae*, *Bradyrhizobiaceae* и *Clostridiales*; анализ относительного количества этих 4 семейств с учетом степени выраженности констипации по шкале Векснера привел к получению биомаркера с чувствительностью 66,7% и специфичностью 90,3%. На данный момент существует несколько гипотез, описывающих и потенциальное участие микробиоты в развитии болезни Альцгеймера. Рассматривается влияние микроорганизмов на нейротрофический фактор мозга (НФМ), который отвечает за развитие и поддержание жизнедеятельности нейронов и количество которого снижено у пациентов с данной патологией: у безмикробных мышей количество НФМ в гиппокампе и коре было уменьшено и это связано с возросшей тревожностью и прогрессирующей когнитивной дисфункцией.

- Рассеянный склероз

Как и болезнь Паркинсона, рассеянный склероз (РС), как оказалось, развивается с существенными изменениями в составе микробиоты. У пациентов с данной патологией возрастает содержание энтеропатогенных бактерий (атипичных *E. coli*, *Proteus spp.*, *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter diversus*), относящихся к протеобактериям, при уменьшении общего числа фирмикутов, в частности одного из жизненно важных поставщиков короткоцепочечных жирных кислот *Faecalobacterium prausnitzii*. Увеличение числа патогенных и условно патогенных микроорганизмов в кишечнике, преимущественно стимулирующих выработку провоспалительных цитокинов и провоспалительное звено иммунитета, существенно усугубляет течение заболевания. При этом сравнение состояния микробиоты у женщин и у мужчин показывает, что мужчины, страдающие заболеванием в более тяжелых формах, чаще имеют сильнее выраженные и глубокие изменения микробиоценоза. Неудивительно, что восстановление состояния организма при РС может происходить посредством восстановления состава микробиоты.

На модели экспериментального энцефаломиелита (ЭАЭ), моделирующий РС у лабораторных животных было показано, что прием пробиотиков, способствующих устранению дисбиотических нарушений, по эффективности не уступает приему специфических иммуномодуляторных препаратов.

- Психиатрические заболевания
- Расстройства аутистического спектра (РАС)

Косвенно об участии микробиоты в патогенезе РАС свидетельствует то, что применение антибиотиков в кратковременном периоде и пробиотиков улучшает симптоматику аутизма.

- Шизофрения

T.G. Dinan с соавторами [11] обращают внимание на то, что у недоношенных детей риск развития шизофрении увеличен. Авторы полагают, что такие дети часто появляются путем кесарева сечения, и в их кишечнике увеличено представительство *C. difficile* и снижено *Bifidobacteria* и *Bacteroides*, по сравнению с вагинально рожденными пациентами; в то же время *C.difficile*-инфекция была ассоциирована со случаями шизофрении и аутизма/

Спектр исследований влияния микробиоты на различные болезни расширяется. Также недавние публикации проливают свет на поразительное воздействие микрофлоры на развитие рака и эффективность некоторых методов лечения злокачественных новообразований, хронического вирусного гепатита С и цирроза печени. В руководстве Рахмановой А.Г. и соавторов [12] представлены результаты многолетних исследований представителей ленинградской-петербургской школы эпидемиологов-инфекционистов, хирургов, патоморфологов и биохимиков по проблемам вирусных гепатитов, преимущественно прогрессирующих хронических и тяжелых форм. С новых позиций освещены важнейшие направления лабораторной диагностики и мониторинга противовирусной терапии хронического гепатита разной степени активности, а также в цирротической стадии заболевания и гепатоцеллюлярной карциномы. Приведены оригинальные способы прогноза, лечения и профилактики осложнений портальной гипертензии у больных с цирротической стадией заболевания путем совершенствования хирургической тактики и комплексного применения современных эндоскопических и эндоваскулярных технологий.

- Атеросклероз и дислипидемия

Состав бактериальной флоры может быть ассоциирован и с сердечно-сосудистыми заболеваниями. В ряде научных работ в структуре атеросклеротических бляшек была обнаружена бактериальная ДНК, причем количество ДНК коррелировало с числом

лейкоцитов в бляшке, что позволяет предположить возможность влияния микрофлоры на выраженность воспалительного процесса в бляшке. Развитие симптоматического атеросклероза (стенотического атеросклеротического поражения сонных артерий, приводящего к цереброваскулярным событиям) некоторые исследователи связывают с увеличением числа бактерий рода *Collinsella* в кишке. Отмечается, что метагеном этих пациентов включал большое число генов, отвечающих за синтез пептидогликана, который активирует врожденный иммунитет, усиливает функционирование нейтрофилов и запускает воспалительные процессы. При этом в кишечнике больных из группы контроля было сравнительно больше представителей *Roseburia* и *Eubacterium*, а также усилена экспрессия генов, вовлеченных в метаболизм жирорастворимых антиоксидантов: ликопина и бета-каротина. Увеличение концентрации ликопина в плазме крови коррелировало со снижением сердечно-сосудистого риска у женщин. Было также выдвинуто предположение о причастности к развитию атеросклероза микробной флоры, метаболизирующей холин и L-карнитин в триметиламин (ТМА), а затем в атерогенный триметиламин-N-оксид (ТМАО). Это подтверждается тем, что у лиц, принимающих антибиотики, нарушается превращение карнитина в ТМА и в последующем в ТМАО. Роль ТМАО была продемонстрирована в новом исследовании X.S. Li et al. (2017), включившем 530 пациентов с ОКС: повышенные уровни ТМАО ассоциировались с увеличением вероятности формирования основных неблагоприятных сердечных событий (инфаркт миокарда, инсульт, необходимость реваскуляризации или смерть).

- Использование данных о кишечной микробиоте в реальной клинической практике и персонализированной медицине

В 2017 г. был достигнут консенсус Европейской рабочей группы по трансплантации фекальной микробиоты (ТФМ) (The European FMT Working Group), в котором ТФМ была рекомендована для лечения рецидивирующей инфекции, вызванной *Clostridium difficile*, умеренной и тяжелой степени, а также резистентных к стандартной терапии форм (уровень рекомендаций: высокий). В полном руководстве по пробиотикам и пребиотикам Всемирной организации гастроэнтерологов (WGO) от 2011 г. приводится оценка эффективности применения пробиотиков для профилактики и лечения острой диареи, в т.ч. ассоциированной с приемом антибиотиков, лечения аллергической экземы, неспецифического язвенного колита (НЯК) (эффективность *E. coli Nissle* эквивалентна таковой месалазина), профилактики паучита. Там же указано, что пробиотики улучшают переваривание лактозы у пациентов с лактозной недостаточностью и тем самым улучшают течение заболевания, а синбиотики (комбинация пробиотиков и пребиотиков) уменьшают проявления печеночной энцефалопатии у заболевших с циррозом печени.

Новые знания о микробиоте открывают широкие перспективы в персонализированной медицине. J.E. Nov и M. Trøseid [13] в своей статье рассуждают о возможностях применения метода фармакомикробиотики, для изучения влияния воздействия микрофлоры кишечника на действия лекарственных средств (например, *Eggerthella lenta* инактивирует 10% дигоксина), а определение индивидуального состава микробиоты может способствовать более избирательному лечению пациентов с атеросклерозом. N. Zmora предполагает, что сведения, полученные при анализе микробиоты, могут оказаться более значимыми в персонализированных моделях стратификации риска развития заболеваний, которые будут применяться в клинической практике, нежели на лабораторных моделях с использованием данных метагеномики, метаболомики, метатранскриптомики и метапротеомики. В практическую деятельность активно внедряются так называемые мультимиксные анализы микробиоты, включающие в себя некоторое количество «омиков» (геномику, транскриптомику, метаболомику и протеомику и пр.).

Кроме того, более распространенным способом восстановления нормальной микрофлоры кишечника в клинике может стать методика *фекальной трансплантации*. Данная методика представляет собой прием фекального трансплантата от здорового донора. Доставка образца кала может осуществляться в капсулах в замороженном виде или через назогастральный или колоноскопический зонд. В специальной литературе представлены результаты многочисленных исследований, показавших высокую эффективность перорального приема капсул с очищенным и замороженным фекальным инокулятом в лечении диареи, вызванной *Clostridium difficile*, в сравнении с другими обозначенными выше способами доставки кала. Проблемой использования фекальной трансплантации в клинической практике является фактор гетерогенности микробиоты донора и реципиента. В США и ряде Европейских государств уже созданы криобанки микробиоты доноров. Недостатками данного подхода является два существенных фактора. Во-первых, донорская микробиота по определению не может восприниматься системой иммунитета хозяина как иммунологически родственная, и будет либо отторгаться организмом, либо, в лучшем случае, изменяться под влиянием реакций врожденного и приобретенного иммунитета. Во-вторых, подбор донора, мероприятие, которое с каждым годом становится все более сложным и дорогостоящим, не может гарантировать отсутствие попадания в организм реципиента патогенного материала в виде бактерий или вирусов (включая онкогенные ретровирусы), что впоследствии может стать причиной новых заболеваний пациента, получившего фекальный трансплантат.



В этой связи интересной альтернативой фекальной трансплантации является метод аутопробиотической терапии, впервые предложенный Б.А. Шендеровым, когда для коррекции дисбиотических состояний используется микробиота самого человека с дисбиозом. [14]. Данный подход в модификации А.Н. Суворова и В.И. Симаненкова (Санкт-Петербург) был внедрен в клиническую практику при целом ряде патологических состояний и даже был использован для восстановления микробиоты у космонавтов. [15-16]. Исследования показали, что аутопробиотики способны быстро восстанавливать состав микробиоты до исходного состояния организма, а это и необходимо при большинстве терапевтических процедур. Оказалось, что собственные микроорганизмы, «генетически проверенные» на предмет потенциальной способности вызывать заболевания, могут с успехом использоваться для лечения практически любых патологий, включая такие нейродегенеративные состояния, как рассеянный склероз и болезнь Паркинсона. При этом наиболее перспективным представляется создание биобанков микробиоты здоровых людей с целью их длительного хранения до момента возникновения заболеваний, сопровождающихся дисбиозом. Учреждение биобанка микробиоты граждан Российской Федерации может стать важной мерой для восстановления здоровья населения и решения широкого круга социальноэкономических проблем страны.

Приведенные выше сведения лишь в некоторой степени коснулись роли микроорганизмов в поддержании здоровья человека и развитии заболеваний. Состав и функции микробиоты изменяются под влиянием диеты, приема лекарств, хирургических вмешательств и находятся под контролем иммунной системы. Изучение последовательности нуклеотидов, кодирующих различные белки, дает возможность создания генно-модифицированных микроорганизмов, своеобразного «биореактора в таблетке», способного внутрикишечно продуцировать вещества, необходимые конкретному организму-хозяину. Ускорению этого процесса может существенно способствовать внедрение в широкую клиническую практику мобильных и относительно дешевых систем секвенирования. Дальнейшее исследование населяющих кишечник бактерий поможет лучше определить их роль в общем метаболизме, сформировать более точное представление о патогенезе ряда заболеваний, а также стать основой для разработки методик лечения в рамках концепции точной медицины.

Познание интестинального микромира представляет собой важный научный и практический интерес. Имеющиеся данные предполагают, что состав микробиоты кишечника у каждого человека индивидуален. Это может стать ключом к разгадке причины различий, наблюдающихся в метаболических процессах у людей со сходными

физиологическими данными. Более широкое внедрение в клиническую практику рассмотренных современных методов анализа и технологий, обладающих высокой чувствительностью и специфичностью, а также отвечающих требованиям концепции персонализированной медицины, может снизить стоимость проведения подобных обследований, а также получить большой массив данных для изучения и решения насущных научно-клинических проблем.

Последующее рассмотрение кишечной микробиоты, в т.ч. с использованием самых современных методик, может помочь лучше понять патогенез множества заболеваний, в т.ч. и тех, которые, казалось бы, мало связаны с микроорганизмами, населяющими кишечник (это и сердечно-сосудистые, онкологические заболевания, и др.) Это предполагает возможность нахождения новых точек приложения терапии, включая методы, направленные на коррекцию патологического процесса у конкретного человека с учетом уникальных особенностей его генома (персонализированная медицина).

## **7.2 Направление «Молекулярная медицина, онкология, иммунология»**

### **7.2.1 Микробиом и рак**

Расшифровка генома человека, завершившаяся в 2000 году, явилась решающей предпосылкой к возникновению нового научно-практического направления – молекулярной медицины. Последнюю можно определить как медицину, в которой кардинальные проблемы практического здравоохранения, связанные с диагностикой, профилактикой, лечением онкологических, наследственных, мультифакториальных и др. болезней решаются на молекулярном уровне.

Характерными особенностями молекулярной медицины, является ее индивидуальный характер, направленный на коррекцию патологического процесса у конкретного человека с учетом уникальных особенностей его генома (персонализированная медицина). Исследования генома человека заложили основу ее молекулярному направлению, благодаря которому разработаны универсальные методы диагностики наследственных болезней, заложены основы фармакогенетики (основы индивидуальной чувствительности к лекарственным препаратам) и фармакогеномики (разработка новых лекарств направленного действия для индивидуальной молекулярной терапии), решаются проблемы адресной доставки и регулируемой экспрессии генов с целью эффективной генной терапии.

Участие генетических факторов в индукции опухолевого роста и злокачественном перерождении тканей не подвергается сомнению. Целый ряд фундаментальных фактов

свидетельствует о ключевой роли повреждений молекул ДНК в развитии опухолевого процесса. Наиболее значимыми из них являются наличие большого числа хромосомных перестроек и точковых мутаций в опухолевых тканях больных и культивируемых линиях раковых клеток, онкогенное действие ряда вирусов, способных взаимодействовать с геномом хозяина, существование семейных форм раков, в этиологии которых прослеживаются наследственные компоненты и др. Однако наибольшим фундаментальным свойством опухолевых клеток, по-видимому, следует признать огромную генетическую нестабильность, которая проявляется как на хромосомном уровне, так и на уровне отдельных генов. Обнаружение в геноме человека последовательностей, гомологичных онкогенам ретровирусов, явилось толчком для развития молекулярной онкологии.

Таким образом, появление с одной стороны новых методических возможностей изучения генома, метаболома и протеома человека и бактерий методами секвенирования нового поколения и масс-спектрометрии и с другой, использование новых знаний о микробиоте и характере формирования и распространения большинства патологий и, в частности, онкологических заболеваний, свидетельствует о необходимости поиска новых способов профилактики и лечения опухолевых заболеваний за счет бактериальных компонентов, а также создание новых диагностикумов на основе бактериальных рецепторных белков.

Известно, что основная масса микроорганизмов локализуется в кишечнике. Микробиота кишечника, представляющая собой совокупность видов различных микроорганизмов, обладает огромным метаболическим потенциалом и способна осуществлять множество биохимических процессов, подобно огромной биохимической лаборатории. Фактически в настоящий момент формируется представление о микробиоте кишечника, как об отдельном органе человеческого организма, что не противоречит исторически сложившемуся определению органа как части организма, представляющей собой эволюционно сложившийся комплекс тканей, объединенный общей функцией, структурной организацией и развитием. При этом человека можно рассматривать как «сверхорганизм», чей обмен веществ обеспечивается четко организованной работой ферментов, кодируемых не только геномом собственно *Homo sapiens*, но и геномами всех симбиотических микроорганизмов.

Давно признан факт, что традиционные микробиологические методы не только не в состоянии дать полную качественную и количественную характеристику микробиоценозов организма человека, но и тем более не позволяют анализировать особенности популяционных взаимодействий микроорганизмов, микробных «сигнальных

систем» и прочие характеристики, из которых и должны складываться современные представления о микробиологии человека. Белки и метаболиты, образующиеся в результате жизнедеятельности микробиома, проникают в ткани человека. Взаимодействие между белками человека и белками микробного сообщества влияет на весь спектр метаболических процессов в организме человека. Сообщества микроорганизмов, находятся в тесном взаимодействии с нашим организмом. Они могут способствовать нашей жизнедеятельности либо вызвать заболевания. Очевидно, что в развитии одного определенного заболевания участвует целая группа микроорганизмов, а не один конкретный возбудитель. Именно группа микроорганизмов, возможно, создает дисфункцию посредством вмешательства в процессы обмена человека.

Патогенез множества заболеваний и одновременно способы их лечения прямо или косвенно связаны с ферментативной и биохимической активностью микрофлоры и ее влиянием на организм человека. Из этого следует, что мы не можем изучать болезнь, изучая геном человека отдельно от генома микробиома. Выделены миллионы белков и метаболитов микробиомов, которые постоянно взаимодействуют с геномом человека, изменяя его. Персистенция микроорганизмов, например *Mycobacteria tuberculosis*, *Borrelia burgdorferi*, *Chlamydia trachomatis*, *Aspergillus fumigatus*, цитомегаловирусов, влияет на экспрессию генов человека. Показано, например, что экспрессия по меньшей мере 463 человеческих генов изменяется при персистенции в организме человека *Mycobacterium tuberculosis*. Наличие или отсутствие определенных метаболитов микробов в крови любого человека приводит к тому, что лекарственный препарат метаболизирует по-разному у различных людей. Эти трансгеномные взаимодействия осложняются тем, что структуры большинства микробных белков идентичны или очень похожи на структуры генома человека. Последствия подобного сходства связаны с нарушением функций человеческого организма, так как белки и метаболиты, созданные микробами, встраиваются в процессы обмена человека вместо его собственных. Количество некоторых микроорганизмов, в составе микробиома человека, может служить своеобразным прогностическим биологическим маркером состояния того или иного локуса человека. Так, у 1069 пациентов, страдающих колоректальным раком, в микробиоме кишки выявлены высокие концентрации *F. nucleatum*. Более высокое количество ДНК *F. Nucleatum* в опухолевой ткани связано с худшим прогнозом. Недавние исследования показали, что общее количество *Fusobacterium spp.* в тканях опухоли при колоректальном раке в 400 раз выше, чем в соседних нормальных тканях [18], что может служить потенциальным прогностическим биомаркером в отношении колоректального рака. Развитие колоректального рака связано с целым рядом факторов риска, и диета

является хорошо известным фактором окружающей среды, связанным с колоректальным раком. Целый ряд метаболитов кишечного микробиома обладает либо опухолегенными, либо противоопухолевыми характеристиками. Так, воспалительные заболевания кишечника связаны с более высоким риском развития колоректального рака. Микробиом кишечника пациентов с воспалительными заболеваниями имеет меньшее разнообразие и дисбактериоз, характеризующиеся более низким содержанием Firmicutes и Bacteroidetes по сравнению со здоровыми субъектами. [19]. Многочисленные исследования подтвердили, что дисбиоз кишечной микробиоты способствует процессу образования опухолей в толстой кишке.

У человека триллионы микробов, но только немногие из них влияют на развитие рака. Множество опубликованных исследований свидетельствуют о связи между кишечной микробиотой и развитием злокачественных новообразований мочеполового, желудочно-кишечного тракта, женских половых органов, опухоли молочной железы, дыхательных путей и др.

Новые технологии, прежде всего молекулярно-генетические, создали благоприятные предпосылки к появлению принципиально новых направлений в изучении как самих микробных популяций, так и особенностей межмикробных взаимоотношений и взаимовлияния микро- и макроорганизмов. Но только с разработкой и внедрением в широкую практику методов высокопроизводительного параллельного секвенирования появилась реальная возможность перейти к осуществлению метагеномных исследований с достаточной для системного подхода глубиной. Использование генетических платформ позволяет проводить глубокие метагеномные исследования, секвенирование генов микроорганизмов, их плазмид и вирусов, что существенно облегчает создание целостной картины взаимодействия организма человека с кишечным микробиоценозом в целом.

Новым технологическим подходом является создание пробиотиков – бактериальных препаратов, предназначенных для восстановления микробной экологии в организме. Именно исследования пробиотиков нового поколения в комбинации с антибиотиками, обладающими противоопухолевым и антиканцерогенным действием обоснуют возможные схемы применения средств модификации микробиоты в клинической практике у онкологических больных (рак толстой кишки и молочной железы).

Эти исследования позволят разработать и внедрить в клиническую практику методы нормализации микробиоты с целью профилактики и улучшения отдаленных результатов лечения рака этих двух самых распространенных локализаций. [20-21].

- Иммунотерапии онкологических заболеваний

Концепция связи канцерогенеза и иммунитета положена в основу утверждения о значительной роли микробиома кишечника в противоопухолевой защите. [22]. Можно предположить, что по крайней мере временное нарушение функций кишечного барьера и транслокация микробиоты является основным фактором в формировании связи между микробиомом кишечника, иммунной системой и канцерогенезом. Важность микробиоты кишечника и его состава уже давно признана для нормального функционирования системы пищеварения. Микробиом легких и кишечника постоянно подвергаются воздействию различных факторов окружающей среды, что, в свою очередь, влияет на наш местный и системный иммунитет.

В 2018 году лауреатами премии в области физиологии и медицины стали два выдающихся ученых, чьи открытия легли в основу современной иммунотерапии онкологических заболеваний. Премия присуждена Джеймсу Эллисону (США) и Тасуку Хондзе (Япония) за их открытия подходов к терапии, направленной против подавления противоопухолевого иммунного ответа. Иммунная система человека работает по принципу «свой-чужой», атакуя чужеродные элементы и оставаясь нейтральной к собственным клеткам. Такой точный контроль соблюдается благодаря сложному балансу активирующих и тормозящих белков на поверхности иммунных клеток. В случае развития злокачественной опухоли тормозящие белки могут играть негативную роль, подавляя активность противоопухолевого иммунитета. Ученые, изучая один из тормозящих белков CTLA-4, находящийся на поверхности Т-лимфоцитов, пришли к выводу, что блокируя его функцию антителом, можно высвободить противоопухолевую активность иммунной системы. Первые же результаты исследований на животных моделях были очень многообещающими, и уже в 2011 году на основании данных клинического исследования среди пациентов с продвинутой стадией меланомы был зарегистрирован первый в классе ингибиторов контрольных точек иммунной системы лекарственный препарат. У некоторых пациентов в исследовании полностью исчезли признаки заболевания, таких результатов у этой группы больных ранее никогда не было. Благодаря этому открытию мы смело можем говорить об очередной волне революции в лечении рака.

- Роль протеинкиназы mTOR в поддержании клеточного гомеостаза, развитии опухолей и старении

Высококонсервативная серин/треониновая протеинкиназа mTOR (mechanistic target of rapamycin, механистическая мишень для рапамицина, ранее использовалось обозначение mammalian target of rapamycin, мишень для рапамицина у млекопитающих) принадлежит к семейству фосфатидилинозитолкиназ PIKK (phosphatidyl inositol 3' kinase-related kinases), к которому также относятся киназы ATM, ATR, DNA-ПК и hSMG1, и

является ключевым ферментом mTOR-сигнального пути, регулирующего накопление клеточной массы у многих эукариот. Открытие киназы mTOR произошло в результате изучения противогрибкового агента – Рапамицина, который в настоящее время широко используется как иммунодепрессант и противоопухолевый препарат (коммерческое название: Сиролимус).

Абсолютное большинство опухолевых заболеваний характеризуется активацией сигнального пути PI3K/Akt/mTORC1. Спорадические мутации или нарушение регуляции этого сигнального каскада или опухолевого супрессора p53 – наиболее часто встречающиеся изменения при различных видах рака. При этом инактивация опухолевого супрессора p53 также приводит к активации киназного комплекса mTORC1.

Нарушение регуляции синтеза белка и метаболизма играют важнейшую роль в способствовании образования опухолей. Считается, что ингибирование киназным комплексом mTORC1 факторов 4E-BP оказывает значительно более выраженный эффект на стимулирование пролиферации и опухолевого роста чем активация киназ S6K. Киназный комплекс mTORC1 активирует трансляцию специфических мРНК, кодирующих протоонкогенные белки, а также способствует сборке рибосом для удовлетворения повышенных биосинтетических требований опухолевых клеток. Помимо активации трансляции, активация биосинтетических метаболических путей обеспечивает повышенные запросы опухолевых клеток для синтеза клеточных мембран *de novo* и синтеза нуклеотидов. Активация киназного комплекса mTORC1 также приводит к ингибированию аутофагии, которая в определенных ситуациях может служить механизмом, ингибирующим развитие опухолей.

Помимо регуляции процессов трансляции, комплекс mTORC1 регулирует процессы катаболизма, являясь одним из центральных регуляторов аутофагии. Аутофагия (от греческого *auto* – само и *phagos* – поедать) – основной катаболический процесс, участвующий в доставке и лизосомальной деградации долгоживущих внутриклеточных компонентов: белков, жировых накоплений, нуклеиновых кислот и органелл.

Аутофагия замедляет развитие опухолей через нижеследующие механизмы. 1) Она защищает клетки от генотоксического стресса и поддерживает целостность генома. В клетках с нарушенной аутофагической активностью метаболический стресс – состояние, в котором обычно находятся опухолевые клетки, так как они постоянно испытывают недостаток кислорода и питательных веществ – приводит, по сравнению с контрольными клетками, к образованию двунитевых разрывов ДНК, амплификации генов, накоплению нефункциональных митохондрий. 2) Аутофагия ингибирует процессы онкогенеза через селективную деградацию белка p62/SQSTM1, накопление которого приводит к

образованию в клетке нерастворимых белковых образований, а также к активации различных протоонкогенных сигнальных каскадов (NF-, Nrf-2, MAPK, mTORC1). Инактивация гена *p62* в мышцах, гетерозиготных по гену *Beclin1*, предотвращает развитие спонтанных опухолей. 3) Накопление в клетках дефектных митохондрий и белковых агрегатов в результате снижения аутофагии приводит к повышению уровня реактивных видов кислорода, тем самым стимулируя повреждение ДНК и дальнейшее накопление белка *p62*. 4) Аутофагия ингибирует развитие опухолей через предотвращение некротической клеточной смерти. Некротическая клеточная смерть приводит к инфильтрации опухоли макрофагами, которые через выработку провоспалительных цитокинов стимулируют рост опухолей. 5) Ингибирование аутофагии подавляет процесс клеточного старения, вызванного активацией онкогена (OIS – Oncogene-induced senescence). В нормальных клетках появление онкогена или инактивация супрессора опухолевого роста (в результате мутации или эпигенетических изменений) активирует процесс старения, который нуждается в активации аутофагии, в результате чего клетка выходит из клеточного цикла, и последующая пролиферация невозможна. В клетках с нарушенной аутофагической активностью появление онкогена или инактивация супрессора опухолевого роста не способны активировать процесс старения, в результате чего происходит пролиферация опухолевых клеток.

Помимо влияния на рост опухолевых клеток, киназный комплекс mTORC1 может способствовать развитию стволовых клеток опухоли. Использование Рапамицина снижает количество клеток, инициирующих лейкемию, и ингибирует их способность к самообновлению и дифференцировке, таким образом ингибируя рост опухолей. Киназный комплекс mTORC2 также может играть важную роль в онкогенезе через активацию протоонкогенных киназ Akt и SGK1, стимулирование ангиогенеза и хемотаксиса.

Важно еще раз подчеркнуть, что киназа mTOR – ключевой регулятор белкового синтеза, аутофагии и метаболизма. Нарушение ее регуляции наблюдается при развитии множества заболеваний человека, включая нейродегенеративные и опухолевые заболевания, а также сопровождает старение. В связи с этим разработка новых модуляторов аутофагии открывает перспективу для создания новых фармацевтических средств, направленных на лечение этих заболеваний и увеличение продолжительности жизни.

- Микробная поддержка для эффективности химиотерапии

Пребиотики, пробиотики, синбиотики и некоторые антибиотики часто применяются для «оздоровления» кишечника. Применение пребиотиков ориентировано на конкретную микробную группу и может быть хорошим способом восстановить



«здоровую» микробную композицию, которая, следовательно, усилит функцию кишечного барьера и стимулирует иммунную систему. Актуальность естественной микробной поддержки для эффективности проводимой химиотерапии уже была продемонстрирована. В будущем дальнейшие открытия, безусловно, будут проводиться в этой новой области исследований, основанных на естественном поведении организма, увеличении долговечности, а также на снижении терапевтических побочных эффектов или последствий заболевания. Несколько недавних исследований показали, что кишечная микробиота влияет на эффективность противоопухолевых методов лечения, включая химиотерапию и иммунотерапию.

Стандартом лечения для большинства аутоиммунных и воспалительных заболеваний является иммуносупрессия. Обычно используемые иммунодепрессанты включают кортикостероиды, метотрексат и фактор некроза опухоли. Хотя эти терапевтические варианты часто обеспечивают кратковременное ослабление симптомов, но при этом наблюдаются плохие долгосрочные прогнозы, связанные с нестабильностью результатов лечения и развитием рецидивов. Действительно, никакие проведенные исследования не выявили кортикостероиды, способные улучшить долгосрочный прогноз или снизить летальность. Например, при саркоидозе использование стероидов приводит к рецидиву и способствует увеличению длительности заболевания. На сегодняшний день было проведено более 150 клинических испытаний, в которых тестировались потенциальные агенты, предназначенные для блокирования воспаления у пациентов с сепсисом, и все они потерпели неудачу. Большинство иммунодепрессантов были разработаны с целью замедлить процесс, называемый сверхактивным иммунным ответом. Однако эффективность этих препаратов должна быть пересмотрена. Ослабляя иммунный ответ, иммунодепрессанты подавляют процессы воспаления и выделения цитокинов. Хотя эти процессы приводят к краткосрочному улучшению самочувствия пациента, иммунная система может быть угнетена до такой степени, что она больше не сможет правильно поддерживать гомеостаз микробиома. Это ухудшает течение основного заболевания, и пациенты становятся более уязвимыми к приобретению новых патогенов. Микробы опосредованно могут усилить терапевтический эффект иммунотерапии злокачественных новообразований. [23] Было показано, что противоопухолевая эффективность и иммуностимулирующий эффект от блокады цитотоксического действия белков, связанных с Т-лимфоцитами (блокада CTLA-4), являются следствием жизнедеятельности различных видов *Bacteroides*, таких как *B. thetaiotaomicron* и *B. Fragilis*. Назначение пробиотика, содержащего *Bifidobacterium spp*, в дополнение к основной иммунотерапии, связывают со значительным замедлением прогрессирования опухоли. В ряде

исследований утверждается, что пробиотики способствуют подавлению процессов развития колоректального рака посредством влияния на силу ответа врожденной иммунной системы, на апоптоз, снижение окислительного стресса и улучшение состояния микробного сообщества кишечника. *Lactobacillus* spp. наиболее часто используют в качестве пробиотика в клинических испытаниях, считают, что именно эти бактерии способствуют значительному снижению численности условно-патогенной микрофлоры семейства *Enterobacteriaceae*, регуляции иммунного ответа у пациентов с колоректальным раком, тогда как введение *Bifidobacterium longum* не оказывает такого мощного эффекта. Кроме того, прием пробиотиков на основе *Lactobacillus* spp. способствует восстановлению микробиоты кишечника. Предложено использовать подобные пробиотики для профилактики рака толстой кишки. Пробиотик, в состав которого входит *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacteria bifidum* и *Bifidobacteria infantum*, и обогащенный олигофруктозой и мальтодекстрином, уменьшает количество видов *Pseudomonas*, *Congregibacter*, *Clostridium*, *Escherichia*, *Helicobacter* при одновременном увеличении количества лактобацилл. Было показано, что популяция кишечной микробиоты пополняется бактериями, такими как *Prevotella* spp. и *Oscillibacter* spp., при этом создается благоприятная среда для активации противовоспалительных механизмов. Кроме того, обычное лечение инфекции, например, обусловленной *Helicobacter pylori* (амоксициллин + кларитромицин + ингибитор протонной помпы), может изменять микробиом кишечника и сопряжено с развитием резистентности к антибиотикам. Но дополнительное назначение пробиотиков помогает кишечной микробиоте сохранять свою стабильность и нормальное функционирование на пользу организму человека, несмотря на противомикробную терапию.

- Синбиотики (комбинации пребиотиков и пробиотиков)

Российский ГОСТ определяет синбиотик как физиологически функциональный пищевой ингредиент, представляющий собой комбинацию из пробиотиков и пребиотиков, в которой пробиотики и пребиотики оказывают взаимноусиливающее воздействие на физиологические функции и процессы обмена веществ в организме человека. Проведено немало исследований по их влиянию на микробиом человека. Доказано, например, что добавление симбиотиков к неoadьювантной химиотерапии при раке пищевода улучшает состояние микробиома кишечника и уменьшают побочные эффекты, вызванные химиотерапевтическими средствами. Поскольку изменения в микробиоме желудка связывают с увеличением частоты аденокарциномы пищевода, особенно при их локализации на границе желудок-пищевод, микробиом пищевода предложено

корректировать с помощью антибиотиков, пробиотиков или ингибиторов конкретных клеток человека, чтобы предотвратить дисбаланс на этом участке.

Показано влияние микробиоты и ее метаболитов не только непосредственно на канцерогенез (индукция воспаления и иммунной дисрегуляции приводит к генетической нестабильности), но и на фармакодинамику противоопухолевых препаратов. В качестве примера можно привести 5-фторурацил (5-FU), который является важным химиотерапевтическим средством для лечения колоректального рака. Однако использование 5-FU ограничено хеморезистентностью. В опухолевых клетках, устойчивых к 5-FU, *Lactobacillus plantarum* (LPSN) ингибирует экспрессию конкретных биомаркеров стволовых клеток опухоли, способствует гибели клеток и апоптозу, избирательно инактивирует передачу определенных сигналов, тем самым повышая эффективность 5-FU и реверсирование развития резистентности к противоопухолевым препаратам. Это означает, что пробиотики могут быть полезной терапевтической альтернативой в качестве биотерапевтических средств для химиорезистентных опухолевых клеток при колоректальном раке. Другой пример: иринотекан – одно из основных химиотерапевтических средств у пациентов, страдающих колоректальным раком. Микробиота кишечника подвергается воздействию токсичной химиотерапии иринотеканом, которая может вызывать потерю функции микробиома как защитного барьера кишки. После введения иринотекана увеличивается концентрация *Clostridium* spp., грамотрицательных палочек семейства *Enterobacteriaceae*, в том числе патогенной *E. coli*. Для нивелирования негативных последствий функционирования измененного микробиома кишечника, для снижения токсичности иринотекана предлагается лечение глутамином. Необходимы дальнейшие исследования для определения связи между микробиомом, иммунной системой человека и опухолевым генезом. Это приведет к более глубокому пониманию механизма влияния микробиоты на развитие опухолей и изменения микробиома под влиянием роста опухолей.

Расширение наших знаний о механизмах онкологических, нейродегенеративных, и др. болезней, связанных с возрастом, будет способствовать лучшему противодействию этим возрастным патологиям и способам их устранения.

### 7.2.2 Старение, геропротекторы, геновая терапия

Старение человека состоит из взаимосвязанных процессов, происходящих на организменном, тканевом, клеточном, молекулярно-генетическом уровнях. Это результат сложных изменений функций генов, вызванных мутациями, нарушением процессинга белков и их взаимодействия в метаболических путях, это медленное угасание

транскрипционной активности, функциональная дегенерация всего генома, это дисфункция, расстройство внутриклеточных взаимодействий, внеклеточных коммуникаций.

Расширение наших знаний о старении позволит лучше противостоять таким истощающим организм патологиям, связанным со старением, как рак, сердечно-сосудистые заболевания, амилоидозы, и нейродегенеративные заболевания. Терапия, основанная на знании фундаментальных механизмов старения, будет способствовать лучшему противодействию этим возрастным патологиям. Способы их устранения, а также методы предотвращения являются одним из наиболее перспективных направлений современной геронтологии.

Главное не просто увеличить продолжительность жизни, а продлить здоровую и продуктивную жизнь.

В оптимальных для жизнедеятельности условиях существования продолжительность жизни определяется скоростью старения. В свою очередь, феномен старения состоит из взаимосвязанных механизмов на различных биологических уровнях. Организменный уровень включает в себя неспособность поддерживать постоянство внутренней среды организма, функциональные расстройства и увеличение восприимчивости к возрастным заболеваниям, приводящим к смерти. На тканевом уровне наблюдается хроническое воспаление, которое выступает драйвером многих заболеваний, связанных с возрастом, прежде всего, сердечно-сосудистых и нейродегенеративных. На молекулярном уровне старение проявляется неспособностью клетки полностью восстановить поврежденные макромолекулы. При старении накапливаются поврежденные участки ДНК, генные и хромосомные мутации, укорачиваются теломеры, аккумулируются модификации ДНК и гистонов, приводящие к перестройкам хроматина. При этом происходят гетерохроматинизация важных для жизнедеятельности клетки участков хромосом (SAHF, ассоциированный гетерохроматин) и дегетерохроматинизация повторяющихся последовательностей генома, ведущая к генетической нестабильности.

Существует множество свидетельств того, что на организменном уровне продолжительность жизни связана с устойчивостью к стрессорам. [4]. Так, например, селекция линий дрозофил на устойчивость к одному из стресс-факторов (например, голоданию) приводит к повышению устойчивости к другим стресс-факторам и увеличению продолжительности жизни. По всей видимости, взаимообусловленность этих двух явлений возникла в эволюции в рамках формирования генетической «программы долгожительства». Благодаря ей в условиях воздействия стресс-факторов организм переходит в режим поддержания жизнеспособности. При этом животные повышают свою

устойчивость к стрессорам и приостанавливают рост и репродукцию. В качестве побочного эффекта происходит замедление процессов старения, что позволяет увеличить продолжительность жизни. [24]. Запустить «программу долгожительства» возможно искусственным путем, вызывая мутации в генах, подавляющих ее реализацию. Другим путем индукции этой программы является активация генов стресс-ответа, многие из которых играют ключевую роль в реализации долгожительства. К ним можно отнести гены, кодирующие факторы транскрипции FOXO, NRF2, HIF-1, киназу JNK, сиртуины и ряд других белков. Сверхактивация FOXO связана с увеличением продолжительности жизни и устойчивостью к стрессам модельных животных.

Существует положительная взаимосвязь между продолжительностью жизни и эффективностью репарации поврежденного ДНК. У человека по крайней мере 25 генов репарации двухцепочечных ДНК связаны с долгожительством у столетних. [25]

Поддержание целостности ДНК осуществляется с помощью специфических механизмов, обеспечивающих распознавание повреждений ДНК, задержку клеточного цикла и устранение повреждений ДНК. Снижение активности генов, отвечающих за поддержание стабильности генома, приводит к уменьшению продолжительности жизни. Многие синдромы ускоренного старения вызваны мутациями генов, кодирующих ферменты распознавания и репарации поврежденного ДНК. Например, к ним относятся синдром Вернера (связан с мутацией в гене WRN), пигментная ксеродерма (вызвана мутацией одного из генов пигментной ксеродермы, отвечающих за эксцизионную репарацию нуклеотидов), синдром Коккейна (мутация генов CSA и CSB), атаксия-телеангиэктазия (мутация ATM), синдром Секеля (мутация ATR), синдром хромосомных поломок Ниймеген (мутация в гене NBS1 кофактора киназы ATM) и ряд других. Киназы ATM и ATR являются важнейшими сенсорами двунитевых и одностранных повреждений ДНК и обеспечивают запуск проверочных точек клеточного цикла, инициацию задержки клеточного цикла и репарацию ДНК. Они фосфорилируют ключевые белки сигнальных каскадов при ответе на повреждение ДНК. Введение дополнительной копии гомолога ATR в геном дрозофил приводило к статистически значимому увеличению продолжительности жизни. Одной из мишеней ATM и ATR киназ является транскрипционный фактор p53. Белок p53 был открыт в 1979 г., а в 1987 г. была показана его связь с процессом старения. Активация Белка p53 необходима для реализации стресс-реакций клетки от остановки клеточного цикла и репарации ДНК до клеточной гибели (апоптоза). Транскрипционный фактор p53 контролирует экспрессию генов эксцизионной репарации оснований и нуклеотидов, репарации мисматчей (неспаренных оснований), среди которых есть и другие гены долголетия, например GADD45. Семейство генов

GADD45 кодирует небольшие регуляторные белки, задействованные во многих процессах поддержания стабильности генома через межбелковые и ДНК-белковые взаимодействия. [24]. Еще одной важнейшей функцией p53 является подавление роста опухолей. Известно, что более чем половина раковых опухолей человека связана с нарушением работы гена p53. [26]. Интенсификация исследований фундаментальных механизмов старения и, соответственно, поиск способов его замедления может дать более положительные результаты, чем непосредственное противостояние возрастным патологиям. Поскольку механизмы старения становятся все более понятными, в последние годы разрабатываются эффективные средства вмешательства в этот процесс.

Ученые, которые занимаются разработкой доступных и эффективных средства коррекции биологического возраста с помощью геропротекторных препаратов, препятствующих процессу старения, лекарств от конкретных болезней, были вынуждены заняться лечением старческих болезней в целом, классифицируя старость как единое заболевание, а рак, инсульт мозга и другие проблемы – как симптомы этого заболевания, имеющие одну первопричину.

Перспективными в этом направлении являются исследования по:

- 1) поиску эффективных геропротекторов
  - 2) генной терапии старения.
- Геропротекторы и старение

Старение протекает на различных уровнях организации живой материи. Что-то происходит с тканями, органами, клетками и с самим геномом — одни гены включаются, другие выключаются, накапливается внутриклеточный и межклеточный мусор, происходит деструкция межклеточного матрикса, уменьшается количество стволовых клеток и увеличивается число старых клеток.

Актуальной проблемой биологии и медицины является разработка новых технологий, применение которых способно замедлять процесс преждевременного старения и развитие заболеваний, связанных с возрастом. Одним из важных направлений стало изучение эффективности геропротекторных препаратов, препятствующих процессу старения и увеличивающих среднюю продолжительность жизни. В связи с этим встает вопрос о безопасности длительного применения средств продления жизни, что включает не только непосредственные побочные и токсические эффекты, но и отдаленные последствия, в том числе развитие новообразований.

Большинству людей в исследованиях геропротекторы действительно продлевали жизнь, но при этом не было никакой гарантии, что они продлят жизнь всем без исключения. Например, глюкозамин сульфат, противовоспалительный препарат, немного

продлевает жизнь пожилым людям. Но выяснилось, что препарат продлевал жизнь только тем людям, у кого повышены воспалительные маркеры. То есть он слегка снижал тот или иной воспалительный процесс (а воспаление — это один из механизмов и защиты старения), и в результате возникало меньше онкологических заболеваний. Иными словами, глюкозамин сульфат увеличивает продолжительность жизни за счет снижения риска умереть от рака. Но прием этого препарата пациентам, у которых маркер воспаления в норме и учитывая возможные побочные эффекты, не рекомендуется.

Мы часто имеем дело с адаптивными реакциями организма, и если мы в них вмешиваемся (например, даем большую дозу антиоксидантов), то тем самым снижаем собственную антиоксидантную активность, во-первых, и защищаем клетки раковых опухолей, во-вторых. Также, например, терапия гормоном роста повышает качество жизни только в краткосрочной перспективе, а в долгосрочной нет. Или, например, высокий гликированный гемоглобин у человека можно просто снижать инсулином. Однако это иногда повышает риск смерти. Снижение уровня того же гликированного гемоглобина, например, метформином, приводит к снижению смертности. Иными словами, необходим индивидуальный подбор маркеров, так как в ряде случаев геропротекторы могут быть довольно бесполезны. Все эти примеры свидетельствуют о плейотропности действия препаратов и это необходимо учитывать при диагностике и терапии в каждом конкретном случае (персоналицированная медицина).

Таким образом, необходимо единство диагностики и терапии, так называемая тераностика старения. Это - применение научно обоснованных средств для снижения смертности через регулирование маркеров старения, которые можно разделить на две категории: одни маркеры снижают риски умереть, но сами не действуют на скорость старения, потому что мы умираем не только от старения как такового, но еще от осложнений старения, то есть заболеваний. Иначе говоря, мы в состоянии снизить риск развития заболеваний при той же скорости старения. И вторая категория — те, что диагностируют истинное старение. Остановимся на анализе положительного действия некоторых геропротекторов на терапию болезней и продолжительность жизни.

- **Пентоксифиллин**

Пентоксифиллин продлевает жизнь мышам с системной красной волчанкой, а в дозе 400 мг три раза в день снижает в четыре раза смертность от всех причин у пациентов с сердечной недостаточностью, снижает смертность у больных с почечной недостаточностью, повышает шансы на успешное лечение при устойчивых к лекарствам видах рака. Пентоксифиллин подавляет фиброз, защищает мышцы от старения, снижает риск тромбов, улучшает мозговое кровообращение.

Системная красная волчанка является аутоиммунным заболеванием, которое поражает преимущественно женщин. Данное заболевание вызывает хроническую почечную недостаточность, сокращая жизнь больных. Например, мыши с системной красной волчанкой живут в несколько раз меньше, однако пентоксифиллин за счет подавления фосфодиэстеразы продлевал им жизнь, замедляя прогрессирование протеинурии — нарушения работы почек.

- Литий

Литий — ингибитор аденилатциклазы 5 типа (АС5), а нокаут АС5 сильно продлевает медианную продолжительность жизни трансгенным мышам — на 30%, защищает сердце от старения, от диабета 2-го типа и ожирения. Литий снижает риски некоторых видов рака, защищает теломеры, уменьшает формирование атеросклеротических поражений кровеносных сосудов. Однако литий в высоких (терапевтических) дозах может вызывать почечную недостаточность, нарушение функции щитовидной железы, тахикардию желудочков сердца с летальным исходом, но мини дозы лития, которые в десятки и сотни раз ниже терапевтических, безопасны. К тому же мини дозы лития снижают общую смертность людей, частоту самоубийств, смертность от болезни Альцгеймера. Интересно, что подавление или блокада АС5 у мышей защищает от многих видов рака, в том числе от меланомы. Таким образом, ингибирование АС5 — это новый механизм для профилактики раковых заболеваний, связанных со старением. Литий защищает от распространения метастазов раковых клеток через лимфатическую систему в другие органы — особенно метастазов рака толстой кишки. Также литий тормозит распространение раковых клеток опухоли мозга ([глиомы](#)) и эффективен для лечения рака толстой кишки в комплексе с другими препаратами.

- Никотинамид рибозид

Никотинамид рибозид (или никотинамидмононуклеотид НАМРТ) — это предшественник никотиновой кислоты — витамина В3. До 40 лет с функциями фермента НАМРТ прекрасно справляется сам витамин В3. А после 40 лет в организме снижается синтез фермента НАМРТ, который способен превращать витамин В3 в НАД+. Но *никотинамид рибозид* не требует этого фермента для превращения в НАД+, он является донором НАД+, снабжающего ядро и митохондрии всем необходимым для репарации ДНК и поэтому, возможно, и продлевается максимальная продолжительность жизни мышей, даже если их начать лечить *никотинамид рибозидом* с позднего возраста. Никотинамид рибозид предотвращает ожирение, обращает вспять возрастную артериальную дисфункцию, защищает от сахарного диабета и снижает воспаление в печени у мышей. В ряде исследований подавление фермента НАМРТ снижало рост ряда



опухолей, таких как рак толстой кишки, яичников, молочной железы, желудка, простаты, глиомы, а также В-клеточных лимфом. Однако в 2016 году исследователи Вашингтонского Университета, работающие под руководством доктора Альберта Кима, продемонстрировали, что NAMPT способствует выживанию и пролиферации раковых стволовых клеток, а его ингибирование подавляет способность этих клеток к самообновлению. В данном исследовании ученые предупреждают, что принимая препараты, повышающие НАД+ для замедления старения, следует помнить о том, что повышение НАД+ через фермент NAMPT может повышать риск онкологических заболеваний.

- **Метформин**

Метформин, как полагают учёные, — прототип будущего лекарства от старения. Рассмотрим применение метформина в качестве перспективного средства для профилактики ассоциированной с возрастом патологии. У людей и животных с инсулинорезистентностью и повышенным артериальным давлением лекарство от старости метформин защищает мозг от старения, снижает уровень старческого воспаления, замедляет старение сердца и сосудов, снижает вероятность заболеть некоторыми видами рака, снижает немощность в преклонном возрасте, способствует похудению, снижает уровень депрессии, предупреждает нефропатию почек, улучшает мужскую потенцию, предупреждает остеопороз у больных с лишним весом, способствует уменьшению инфекций дыхательных путей, улучшает эффективность комплексной терапии ревматоидного артрита, снижает размеры маленьких твердых узлов щитовидной железы, снижает повышенный тиреотропный гормон, предотвращает увеличение размеров щитовидной железы, уменьшает количество ферментов в печени, улучшает холестерин и индекс атерогенности, снижает воспалительные и фиброзные состояния в лёгких, заметно сокращает смертность и продлевает жизнь. Метформин имеет хороший профиль безопасности, если назначается врачом, а не применяется при самолечении.

В результате старения развиваются самые разные старческие проблемы головного мозга. Например, при болезни Альцгеймера значительно сокращается количество нервных клеток в гиппокампе. В опытах на грызунах, а также с людьми было показано, что метформин стимулирует стволовые клетки, рождая новые нейроны (клетки головного, спинного мозга и др.). Так, стволовые клетки грызунов, употребляющих метформин, производят нейроны в 2 (!) раза более интенсивно. Это приводит к осязаемому росту количества новых нейронов в гиппокампе на 30%. Метформин - это хорошо изученное в исследованиях средство, которое задерживает развитие многих старческих заболеваний. Однако употребление метформина, снижает усвоение витамина B12 на 19% у 10-30%

пациентов, что может повысить риск болезни Альцгеймера, что было показано в рандомизированных контролируемых в течение 4-х лет испытаниях. Поэтому при приеме метформина необходимо контролировать уровень витамина B12 в крови и восполнять его. Метформин подавляет хроническое воспаление в результате повышения С-реактивного белка у больных сахарным диабетом, замедляет развитие хронической сердечной недостаточности, атеросклероза, повышенного артериального давления, аневризмы аорты, периферического поражения артерий, кальцификации сосудов, является очень эффективным средством для лечения инсулинорезистентности, ингибируя конечные продукты гликирования. После 40 лет вероятность заболеть раком растёт в геометрической прогрессии. Инсулиноподобный фактор роста 1 (ИФР-1) стимулирует ангиогенез (рост новых кровеносных сосудов), что улучшает кровоснабжение раковых опухолей. А подавление ИФР-1 затрудняет рост и выживание раковых опухолей. Метформин доказанно снижает ИФР-1 до нормы при лечении в течение 3-4 недель в дозе 500 мг 3 раза в сутки у пациентов с диагнозом рак эндометрия, усиливает стандартную терапию лечения рака молочной железы и мультиформной глиобластомы. Можно и дальше перечислять многочисленные исследования о терапевтическом действии метформина, что позволяет рассматривать применение его в качестве перспективного средства для профилактики ассоциированной с возрастом патологии, снижая более чем на треть общую смертность от инфарктов миокарда и от осложнений сахарного диабета, выживаемости онкологических больных и др., что способствует продлению жизни.

Выше перечислены лишь некоторые из геропротекторов, прошедших испытания на животных и людях, однако информация по ним постоянно меняется по мере выхода в свет новых исследований по препаратам для симптоматического и патогенетического лечения старения, которые хоть и не влияют на первопричину старения, тем не менее, могут продлевать жизнь и, что более важно - здоровый период жизни. Хотя исследователи все больше склоняются к мысли, что для продления здорового периода жизни необходимы более радикальные методы воздействия на организм, устранение генетической причины болезни, а не его следствий, на генную терапию старения.

- Генная терапия старения

С давних времен человек ищет ключ к долгожительству и пытается продлить жизненный путь. Но лишь за последние два десятилетия благодаря развитию молекулярной медицины, генетическому секвенированию, данная область знаний значительно расширилась, позволив исследователям разрабатывать конкурирующие модели и теории старения.

Генная терапия старения – пока еще очень молодая и развивающаяся область. В основном все исследования в этом направлении проводились на модельных объектах: мышах, крысах, обезьянах и клеточных культурах человека.

Изучение влияния генетических и эпигенетических мутаций на продолжительность жизни и скорость старения расширяет спектр потенциальных фармакологических и генетических мишеней для терапии, а также биомаркеров лечения возрастных нарушений.

«Гены старения» (всего 84) - гены, регулирующие процессы метилирования, гетохроматизацию ДНК, третичную структуру белков, длину теломеров.

Одной из наиболее заманчивых идей для ученых является возможность напрямую точно влиять на работу клетки. Для этого необходима, в первую очередь, идентификация генов старения, а далее прицельное воздействие на ДНК именно в области интересующего гена. Воздействие может быть разного характера: включение/выключение гена, внесение мутации и др. Для этого требуется уметь синтезировать белки, узнающие конкретную последовательность ДНК. Этот подход лечения старения - генная терапия, позволяющая доставлять в организм ген долголетия, либо вводить малые РНК, «выключающие» ген старения - по мнению большинства ученых, является наиболее приоритетным. Расшифровка генома человека определила переход современной медицины, в том числе и медицины долголетия, на молекулярный уровень. [27-28].

Чтобы добиться существенных результатов в генной терапии старения, необходимо комбинировать разные подходы. Есть множество подтверждений тому, что воздействие сразу на несколько путей долголетия дает больший эффект на продолжительность жизни, чем воздействие на них по отдельности. Необычайный долгожитель – голый землекоп – грызун, который живет дольше мыши в 10 раз, отличается от нее активацией целого набора путей долголетия: это и повышенная устойчивость к стрессу - факторам, защита от рака, стабильность белковых молекул, защита от нейродегенерации и пр. Таким образом, для того чтобы разработать генную терапию, радикально продлевающую жизнь, необходимо действовать одновременно на многие пути долголетия. То есть комбинировать те подходы терапии, которые разрабатываются сейчас для увеличения стабильности генома, омоложения гипоталамуса, уничтожения сенесцентных клеток (сенесцентные клетки — стареющие клетки, которые вызывают системное воспаление всего организма и старение человека.), увеличения устойчивости к стрессам, улучшения работы митохондрий, поддержания ниш стволовых клеток и пр. Разработке разных подходов в генотерапии старения способствуют методики полногеномного скрининга генов старения методом GWAS (Genome-Wide Association Studies) — это направление генетических исследований, которое устанавливает связь между какими-либо признаками

и генетическими маркерами, технологии редактирования генома - CRISPR/Cas, исследования индивидуальных геномов долгожителей (NGS секвенированием геномов), регуляции функции гипоталамуса, направленной молекулярной коррекция метаболических путей (ограничения калорийности питания, геропротекторы, воздействия на микробиом).

- Биотехнологическое и медицинское значение метода CRISPR-Cas

Большие возможности в генной терапии открывает использование технологии редактирования генома - CRISPR/Cas (от англ. *clustered regularly interspaced short palindromic repeats* — короткие палиндромные повторы, регулярно расположенные группами). CRISPR - особые локусы бактерий и архей, состоящие из прямых повторяющихся последовательностей, которые разделены уникальными последовательностями (спейсерами). Спейсеры заимствуются из чужеродных генетических элементов, с которыми сталкивалась клетка (бактериофагов, плазмид). РНК, синтезированный с локусов CRISPR, совместно с ассоциированными белками Cas обеспечивают адаптивный иммунитет за счёт комплементарного связывания РНК с нуклеиновыми кислотами чужеродных элементов и последующего разрушения их белками Cas. Методы CRISPR-Cas успешно применяются в генной инженерии самых разных организмов: как многоклеточных и одноклеточных (дрожжи) эукариот, так и прокариот. [29]. Применение CRISPR-Cas у микроорганизмов позволяет модифицировать их метаболические пути, что открывает возможности для развития новых биотехнологических стратегий.

Кроме того, для биотехнологических исследований имеет значение создание штаммов бактерий, устойчивых к различным фагам за счёт CRISPR-Cas. CRISPR/Cas позволяет очень точно и безопасно изменять ДНК клеток. И если совместить технологию CRISPR/Cas с доставкой при помощи аденоассоциированных вирусов, то это, по-видимому, позволит воздействовать на организм, безопасно изменяя геном очень большого числа клеток. Использование метода CRISPR/Cas превзошло все ожидания и позволило с минимальным числом ошибок как «выключать» нужные гены, так и встраивать новые гены в строго определенные участки генома. Методы редактирования геномов с помощью CRISPR-Cas разработаны для модельных организмов (например, мышей, плодовой мушки *Drosophila melanogaster*, нематоды *Caenorhabditis elegans*, рыбки данио-рерио и других. Важное значение имеют работы по редактированию генома с помощью CRISPR-Cas культур клеток млекопитающих, в том числе человека. В 2017 году этим методом был отредактирован геном человеческих эмбрионов. Некоторые бактерии способны сохранять фрагменты геномов инфекционных агентов, используя в качестве

исходного материала не только ДНК, но и РНК. Такие бактерии могут развивать иммунитет к вирусам с РНК-геномами. Кроме того, благодаря CRISPR-системе, использующей РНК, бактериальный иммунитет учится реагировать на наиболее активные гены патогенов. [29].

Ведутся работы по редактированию геномов с помощью CRISPR-Cas у крупного рогатого скота, свиней и других животных, имеющих важное хозяйственное значение. В 2015 году были опубликованы результаты эксперимента, в ходе которого при помощи технологии CRISPR-Cas в геноме свиньи были разом инактивированы 62 эндогенных ретровируса. Авторы исследования надеются, что благодаря этим результатам в будущем станет возможной ксенотрансплантация органов от свиньи к человеку.

- Некоторые теории и методики генотерапии старения
- Транспозонная теория старения

Транспозоны - мобильные элементы, повторы ДНК, на долю которых приходится до 50% генома; транспозоны L1, способные к саморепликации и перемещению, вызывают мутации, нарушают функции генов. В соматических тканях транспозоны L1 репрессированы вследствие подавления активности фермента – обратной транскриптазы (RT) L1 геном – фактором транскрипции SIRT6. При старении число транспозонов L1 в геноме прогрессивно нарастает особенно в клетках мозга, печени, мышцах, что ведет к инсерционному мутагенезу и нарушениям генов биологических часов. Увеличивается число регуляторных комплексов miPEP, связывающихся с ДНК и блокирующих экспрессию сиртуиновых генов. В клетках гипоталамуса это приводит к активации гена NF-κB, к увеличению активности провоспалительных цитокинов и, в конечном счете, к старению. Гены сиртуинового семейства (транскрипционные факторы SIRT подавляют активность обратной транскриптазы (RT) L1 и замедляют старение. [30].

- Внедрение гена теломеразы (TERT)

В поддержании целостности генома большое значение имеет активность теломеразы. Она представляет собой обратную транскриптазу и отвечает за синтез высокоповторной теломерной ДНК, укорачивающейся при каждом делении зрелых соматических клеток. Критическое укорочение теломер вызывает индукцию клеточного старения или постоянную неспособность клеток к дальнейшему делению, что является основой различных заболеваний. Таким образом, длина теломер представляет собой как биомаркер клеточного возраста, так и потенциальную мишень против старения. Длина теломер влияет на продолжительность жизни и является одним из предикторов возрастных заболеваний, включая ишемическую болезнь сердца и ожирение. Хотя,

например, при болезни Альцгеймера теломеры не укорачиваются, но некорректно функционируют.

Теломераза – это фермент, компенсирующий укорочение теломер. В результате деятельности теломеразы длина теломерных участков хромосом клетки увеличивается или поддерживается на постоянном уровне, позволяя клетке делиться неограниченное количество раз. Повсеместная реактивация теломеразы позволяет сохранить длину неповрежденных участков теломер, что в результате приводит к увеличению репликативного и репаративного потенциала тканей, а также способствует поддержанию здоровья и продлению жизни организма. Однако некоторые исследования показали, что активный синтез теломеразы наблюдается и в 90% раковых опухолей. Встает вопрос: не приведет ли активация теломеразы к риску злокачественной трансформации? Кроме того, старение клеток далеко не всегда сопровождается сокращением теломер, например, в случае эпителиальных клеток слизистой полости рта или роговицы глаза человека. Это говорит о том, что одной активации теломеразы может быть недостаточно для омоложения всего организма. Перед тем как перейти к генной терапии, эффекты теломеразы исследовали на трансгенных мышях. Оказалось, что если активировать ген теломеразы (TERT), то продолжительность жизни мышей увеличивается на 40%! Однако постоянная активность теломеразы увеличивает и риск возникновения рака. Поэтому встал вопрос, как активировать работу теломеразы на более короткий срок. Именно этим и занялись ученые и разработали доставку гена теломеразы в организм мыши при помощи аденоассоциированного вируса (AAV9). Аденоассоциированные вирусы характеризуются высокой безопасностью: они не встраивают доставляемый ген в геном хозяина, и поэтому не приводят к мутагенезу. Кроме того, они почти не вызывают иммунный ответ, и терапия геном TERT оказалась совершенно безопасной: риск рака у мышей не увеличивался. Двухлетним мышам делали одну инъекцию аденовирусом с геном теломеразы, и это продлеvalo жизнь мышам на 20 %. Следовательно, теоретически возможно сделать людям в возрасте 40-50 лет одну инъекцию такого лекарства и продлить жизнь ещё на 8-12 лет. Однако в ряде исследований получено (при сравнении около 60 видов млекопитающих), что чем длиннее теломеры у вида, тем быстрее накапливаются у него мутации ДНК, больше раковых опухолей и короче продолжительность жизни. Длина теломер обратно коррелирует с продолжительностью жизни. Это даёт основание предполагать, что результат по продлению жизни теломеразой, который был получен на мышях с помощью одной инъекции, может не продлить жизнь людям. Таким образом, вопрос использования теломеразы для продления жизни людей остаётся открытым.

- Нарушение работы гена *Agtr1a*

Нарушение работы гена *Agtr1a*, кодирующего рецепторы ангиотензина AT1a продлевает жизнь трансгенным мышам на 26% в сравнении с мышами дикого типа. Антагонисты рецепторов ангиотензина II, или блокаторы AT1-рецепторов — одна из новых групп антигипертензивных средств (лекарства для лечения артериального давления). К таким лекарствам можно отнести все лекарства группы сартанов (например, телмисартан). Как было показано в исследованиях, эти лекарства продлевают жизнь животным и даже людям. Например, один из сартанов - лозартан, когда его давали крысам линии Вистар, продлевал их максимальную продолжительность жизни на 18%.

Но можно повлиять на AT1-рецепторы и генетически, повлияв на ген *Agtr1a*. Кроме того, генетическое воздействие на AT1-рецепторы более эффективно, так как лекарство, возможно, не проникает во все ткани и органы. При генетическом воздействии на ген *Agtr1a* ткани мышей старели функционально на 26% медленнее.

➤ Нокаут гена, кодирующего рецепторы гормона роста GHRKO

Вне сомнения, одной из наиболее «горячих точек» в современной геронтологии является вопрос о роли возрастных изменений в системе гормон роста (ГР) / инсулиноподобный фактор роста-1 (IGF-1) / инсулин в механизме старения и развития ассоциированной с возрастом патологии, включая рак. С возрастом ночной пик секреции ГР снижается как у человека, так и у лабораторных грызунов, сопровождаясь снижением концентрации IGF-1 в плазме крови. Полагают, что возрастное снижение секреции ГР обусловлено снижением ответа гипофиза на действие GHRH, продукция которого, в свою очередь, также уменьшается. Следует заметить, что старение эпифиза и гипоталамуса затрагивает и такой важный регуляторный механизм, как контроль потребления пищи, то есть, центры аппетита и насыщения.

Исследования показали, что выборочное удаление рецепторов гормона роста продлевает жизнь трансгенным мышам примерно на 30% в сравнении с мышами дикого типа.

В организме человека ГР регулирует уровень IGF-1 (или ИФР -1 - инсулиноподобный фактор роста 1 типа). Чем выше уровень гормона роста, тем выше и IGF-1. Сегодня один из самых доказанных почти на всех видах животных метод продления жизни — это оптимизация IGF-1 с помощью голоданий, либо с помощью диеты FMD. Но для этого нужно всю жизнь соблюдать диету, что по силам далеко не каждому.

ИФР-1 — гормон, который связывается с рецепторами ИФР-1. Если генетически нарушить работу рецепторов ИФР-1, то можно частично имитировать недостаток гормона ИФР-1. Нарушение в генах кодирующих рецепторы к ИФР-1 у евреев-ашкенази возможно

объясняет их феномен долгожительства. Похоже, что у супердолгожителей, которые живут более 100 лет, в детстве и во взрослом возрасте был оптимальный (не такой высокий, как у остальных людей) уровень ИФР-1, либо был высокий ИФР-1, но при этом генетически обусловленный дефект рецепторов к ИФР-1.

Но оптимизация ИФР-1 у долгожителей ашкенази может быть просто совпадением, ведь долгожителей не так много. Необходимо провести исследования на больших группах людей и выяснить, как влияет высокий ИФР-1 на их смертность.

➤ Генетическая сверхэкспрессия FGF21 (фактора роста фибробластов 21)

Генетическая сверхэкспрессия FGF21 заметно увеличивает продолжительность жизни трансгенных мышей в сравнении с мышами дикого типа, не снижая потребления пищи.

Фактор роста фибробластов -21-(FGF21) – это гормон, секретируемый печенью в периоды голодания для того, чтобы помочь организму адаптироваться к недостатку питательных веществ. FGF21 также синтезируется печенью в ответ на сахарный диабет и многие другие проблемы со здоровьем и даже при употреблении алкоголя. FGF21 блокирует рецепторы гормона роста, из-за чего снижается синтез ИФР-1 печенью. А более низкий, чем обычно ИФР-1 во многих исследованиях сильно продлевал жизнь животным и снижал смертность у людей. Генетически можно заставить организм секретировать больше FGF21, и это значительно продлит жизнь. Кстати, имитировать эффект повышения FGF21 может лекарство от сахарного диабета метформин в дозировке 500 мг в сутки.

➤ Генетический нокаут Аденилат циклазы

Так, генетически нокаут Аденилат циклазы 5-го (AC5) типа продлевает жизнь трансгенным мышам на 30% в сравнении с мышами дикого типа. Выше мы рассмотрели, как можно с помощью генетической терапии имитировать эпизодические голодания и этим продлить жизнь. Но есть и другой способ добиться тех же эффектов, не имитируя снижение ИФР-1 до оптимального с помощью коротких циклов голода, а снижая воздействие, например, адреналина на наш организм. Хороший способ повысить устойчивость к стрессорам – это блокировать передачу сигнала от гормона стресса в клетку. Сегодня это можно делать с помощью лекарства пропранолол и лития, ингибирующих AC5. Оба этих лекарства являются потенциальными геропротекторами. Кстати, совмещать генетическую блокаду рецепторов гормона роста и Аденилат циклазу 5-го типа нельзя. Мыши в таком эксперименте умерли уже через месяц. Этим мышам заблокировали AC5 и сократили рацион питания по калорийности. Поэтому либо голодать, либо снизить излишнюю активность AC5, но не блокировать её полностью.



➤ Преимущество генной терапии перед другими способами продления активной полноценной жизни.

Зачем нам генная терапия, если можно использовать геропротекторы? В сравнении с другими подходами к продлению жизни (например, геропротекторами или ограничением питания, продлевающими жизнь до 30-50%) генную терапию достаточно провести только один раз за всю жизнь. Кроме того, встает вопрос о безопасности длительного применения средств продления жизни, т.к. это приводит не только к побочным токсическим эффектам, но и к отдаленным последствиям, включая развитие новообразований. Поэтому, если мы говорим о трансляции исследований по продлению жизни на человека, то генная терапия имеет абсолютное преимущество, поскольку не снижает качество жизни из-за необходимости постоянного лечения.

Кроме того, лекарственные средства имеют ограничения по биодоступности в различные ткани и органы, а также обладают побочными действиями — большими, чем генотерапия. Эффективность и практичность генотерапии потенциально значительно выше.

Выводы:

– Приобретенная устойчивость к антибиотикам на сегодняшний день представляет очень серьезную проблему. Выживание наиболее приспособленных штаммов, является следствием огромной генетической пластичности бактериальных патогенов, которая приводит к мутационным адаптациям, приобретению генетического материала или изменению генной экспрессии, придающим устойчивость практически ко всем антибиотикам.

– Бактериальный ответ на антибактериальное «нападение» — это яркий пример адаптации и вершина эволюции. И тем не менее использование антибиотиков остается осознанной необходимостью в клинической практике, а при разработке новых антибиотиков необходимо понимание того, что микроорганизмы будут реагировать на них и устойчивость к ним будет развиваться.

– Рассмотрение кишечной микробиоты с использованием самых современных методик, может помочь лучше понять патогенез множества заболеваний, в т.ч. и тех, которые, казалось бы, мало связаны с микроорганизмами, населяющими кишечник. Это предполагает возможность нахождения новых точек приложения терапии, включая методы, основанные на трансплантации фекальной микробиоты, аутопробиотиков и другие методы, восстанавливающие естественный состав интестинальных микроорганизмов.

– Изучение последовательности нуклеотидов, кодирующих различные белки, дает возможность создания генно-модифицированных микроорганизмов, своеобразного «биореактора в таблетке», способного внутрикишечно продуцировать вещества, необходимые конкретному организму-хозяину. Ускорению этого процесса может существенно способствовать внедрению в широкую клиническую практику мобильных и относительно дешевых систем секвенирования.

– Исследование населяющих кишечник бактерий поможет лучше определить их роль в общем метаболизме, сформировать более точное представление о патогенезе ряда заболеваний, а также стать основой для разработки методик лечения в рамках концепции персонализированной медицины.

– Нарушение функций кишечного барьера и транслокация микробиоты является основным фактором в формировании связи между микробиомом кишечника, иммунной системой и канцерогенезом.

– Клинические исследования состояния микробиоты до и после применения метформина у больных раком толстой кишки и молочной железы, эффекта применения энтеросорбента у пациентов с этими локализациями рака, позволят разработать и внедрить в клиническую практику методы нормализации микробиоты с целью профилактики и улучшения отделенных результатов лечения рака этих двух самых распространенных локализаций.

– Ученые, изучая один из тормозящих белков CTLA-4, находящийся на поверхности Т-лимфоцитов, пришли к выводу, что, блокируя его функцию антителом, можно высвободить противоопухолевую активность иммунной системы.

– Аутофагия замедляет развитие опухолей. В связи с этим разработка новых модуляторов аутофагии открывает перспективу для создания новых фармацевтических средств, направленных на лечение этих заболеваний и увеличение продолжительности жизни.

– Анализ сигнальных путей генов, имеющих отношение к старению и долгожительству, продемонстрировал, что большинство геронтогенов являются участниками клеточного ответа на стресс, что подтверждает существование «программы долгожительства».

– Изучение влияния генетических и эпигенетических мутаций на продолжительность жизни и скорость старения расширяет спектр потенциальных фармакологических и генетических мишеней для терапии, а также биомаркеров лечения возрастных нарушений.

Список использованных источников:

1. Землянко О.М., Рогоза Т.М., Журавлева Г.А. Механизмы множественной устойчивости бактерий к антибиотикам. // Экологическая генетика. – 2018. – Т. 16. – No3. – С. 4–17. doi: [10.17816/ecogen1634-17](https://doi.org/10.17816/ecogen1634-17).
2. Lupo A, Coyne S, Berendonk TU. Origin and evolution of antibiotic resistance: the common mechanisms of emergence and spread in water bodies. *Front Microbiol.* -2012.- P.3:18. doi: [10.3389/fmicb.2012.00018](https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00018)
3. Nikaido H. Multidrug resistance in bacteria. *Annu Rev Biochem.* -2009.-V.78.- P.119-146. doi: [10.1146/annurev.biochem.78.082907.145923](https://doi.org/10.1146/annurev.biochem.78.082907.145923)
4. Kumar S, Varela M. Molecular mechanisms of bacterial resistance to antimicrobial agents. *Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education.* Ed by A. Méndez-Vilas. Badajoz: Formatex Research Center. - 2013.- P. 522-534.
5. Thomas CM, Nielsen KM. Mechanisms of, and barriers to, horizontal gene transfer between bacteria. *Nat Rev Microbiol.* -2005.- 3(9). – С.711-721. doi: [10.1038/nrmicro1234](https://doi.org/10.1038/nrmicro1234).
6. Darmon E, Leach DR. Bacterial genome instability. *Microbiol Mol Biol Rev.* 2014;78(1):1-39. doi: [10.1128/MMBR.00035-13](https://doi.org/10.1128/MMBR.00035-13).
7. Джапаридзе Л. А., Суворов А. Н. Изучение микробиома человека как основы для коррекции инфекционных и неинфекционных патологий // Региональная экология. 2018. - № 4 (54). - С. 16–27. DOI: [10.30694/1026-5600-2018-4-16-27](https://doi.org/10.30694/1026-5600-2018-4-16-27)
8. Кожевников А.А., Раскина К.В., Мартынова Е.Ю., и др. Кишечная микробиота: современные представления о видовом составе, функциях и методах исследования // РМЖ Русский медицинский журнал. – 2017.- №17. - С. 1244-1247.
9. Циммерман Я.С. Учение о дисбиозе ("дисбактериозе") кишечника: состояние проблемы и новые тенденции// Ж.Клиническая медицина. - 2017. - Том:95. №8. – С.677-686.
10. Josie Libertucci, Usha Dutta, Sandeep Kaur, et al. Inflammation- Related differences in mucosa-associated microbiota and intestinal barrier function in colonic Crohn's disease. //American Journal of Physiology ,Gastrointestinal and Liver Phisiology. -2018. -Vol.315. no. 3, - P. G420-G431
11. Dinan T. G., Borre Y. E., Cryan J. F. Genomics of schizophrenia: time to consider the gut microbiome? //Mol.Psychiatry.- 2014. -Vol. 19. N 12. - P. 1252–1257.
12. Рахманова А. Г. Яковлев А. А., Кащенко В. А., Шаройко В. В. Хронический вирусный гепатит С и цирроз печени // Санкт-Петербург, Изд-во СпецЛит. – 2016. – 380 с.
13. Nov J. E. R., Trøseid M. Personalised medicine targeting the gut microbiota?//Tidsskr. Den Nor. legeförening. -2015. -Vol. 135. N 7. – P. 624-624.

14. Shenderov B, Manvelova B. Method for obtaining an autoprobiotic containing live bifi dobacteria and lactobacteria. <http://www.freepatent.ru/patents/2139070>, 1999.
15. Soloviova O. I., Simanenکو V. I., Suvorov A. N., Ermolenko E. I. et al. The use Ofprobiotics and autoprobiotics in the treatment of irritable bowel syndrome//Experimental and Clinical Gastroenterology. – 2017. – Vol. 7. – P. 115-120.
16. Suvorov A., Karaseva A., Kotyleva A., Kondratenko Y., Lapidus A., et al. Autoprobiotics As an approach for restoration of personalized microbiota // Human Microbiome and Ersonalized. Nutrition. - 2018. [<https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01869>].
17. Yenamandra S. P., Klein G., Kashuba E. Nuclear receptors and their role in Epstein – barr virus induced b cell transformation. Review.//Experimental Oncology. – 2009. – 31(2). – P. 67-73.
18. Repass J, Maherali N, Owen K. at.al. Registered report: Fusobacterium nucleatum infection is prevalent in human colorectal carcinoma.// Elife . – 2016. – V 5: e10012. doi: 0.7554 / eLife.10012.
19. Sokol H, Leducq V, Aschard H, Pham HP, et.al.. Fungal microbiota dysbiosis in IBD. //Gut. – 2017. Jun; - V. 66 (6). – C. 1039-1048. doi: 10.1136 / gutjnl-2015-310746.
20. Anisimov V.N. Conservative growth hormone/IGF-1 and mTOR signaling pathways as a target for aging and cancer prevention: Do we really have an anti-aging drug? // Interdiscipl. opics Gerontol. (Karger). – 2015. – V. 40. – C. 177-188.
21. Anisimov V.N. Do metformin a real anticarcinogen? A critical reapraisal of experimental data. //Ann. Transl. Med. – 2014. T. 2. 6:60;2(6):60;2(6):60. doi: 10.3978/j.issn.2305-5839.2014.06.02.
22. Chen D. S., Mellman I., Oncology meets immunology: the cancer-immunity cycle.// Immunity. – 2013. –V. 39 (1). C.1–10, doi: 10.1016 / j.immuni.2013.07.012.
23. Leslie M. Microbiome. Microbes aid cancer drugs.// Science. – 2015. – Nov 6; 350 (6261). – C. 614-615. doi: 10.1126 / science.350.6261.614.
24. Shaposhnikov M.V., Proshkina E.N., Shilova L.A., Moskalev A.A. Rol' reparatsii povrezhdenii DNK v dolgoletii [The role of DNA Repair in Longevity]. //Moscow, KMK Publ. – 2015. – 165 p. (In Russian)
25. Han J., Ryu S., Moskowitz D.M., Rothenberg D., Leahy D.J., Atzmon G., Suh Y. Discovery of novel non-synonymous SNP variants in 988 candidate genes from 6 centenarians by target capture and next-generation sequencing.// Mech. Ageing Dev. Available. – 2013. – Vol. 134. no. 10. - P. 478–485. <http://dx.doi.org/10.1016/j. mad.2013.01.005>. 2018.11.05.

26. Feng Z., Lin M., Wu R. The regulation of aging and longevity: a new and complex role of p53// *Genes. Cancer.* – 2011. – Vol. 2. N 4. – P. 443–452. DOI 10.1177/1947601911410223.

27. Шапошников М.В., Прошкина Е.Н., Шилова Л.А., Москалев А.А. Роль репарации повреждений ДНК в долголетию//Москва, Товарищест. науч. изд. КМК. – 2015. – 165 с.

28. Москалев А.А. «Как победить свой возраст? Восемь уникальных способов, которые помогут достичь долголетия» -2 изд.- Москва: Эксмо. - 2019 г. -288 С.

29. Williams A., Henaо-Mejia J., Flavell R.A. Editing the mouse genome using the CRISPR – Cas9 System// *Cold Spring Harb. Protoc.*- 2016. –P. 95–100. DOI: 10.1101/pdb.top087536

30. Мустафин Р.Н., Хуснутдинова Э.К. Стресс-индуцированная активация транспозонов в экологическом морфогенезе// *Вавиловский журнал генетики и селекции.* – 2019. Т. 23. – № 4. – С. 380-389. DOI: 10.18699/ VJ19.506

Публикации по результатам исследования:

1) Джапаридзе Л.А., Суворов О.А. Микробиом человека. // Постерный доклад на Международном Конгрессе "VII Съезда Вавиловского общества генетиков и селекционеров» - 2019. Санкт-Петербург. – С. 799

2) Trubitsina, N., Zemlyanko, O., Moskalenko, S., and Zhouravleva, G. From past to future: suppressor mutations in yeast genes encoding translation termination factors.// *Bio. Comm.* 2019. – №64(2) – С. 89-109. <https://doi.org/10.21638/spbu03.2019.202> (Scopus).

3) Джапаридзе Л.А. Старение, геропротекторы, генная терапия. // *Региональная экология.* – 2019. – №2. – С. 109-123. DOI: 10.36904/1026-5600-2019-2 (РИНЦ)

4) Джапаридзе Л.А. Генетика долголетия. //Тезисы доклада на Научно-практической конференция с международным участием «Генетика — фундаментальная основа инноваций в медицине и селекции» г. Ростов-на-Дону 26-29 сентября. – 2019. – С. 34-35 (РИНЦ)

5) Землянко О.М., Трубицина Н.П., Бондарев С.А., Журавлева Г.А. Роль N-терминальных коротких белков Sup35 в агрегации и поддержании [PSI+] фактора.//Тезисы доклада 11 Объединенного научного форума, 1X Российского симпозиума «Белки и пептиды». – Сочи, 1-6 октября 2019 г. Научные труды. Т.2. – М.: Изд. «Перо». – 2019. – С. 299. Спецвыпуск ActaNaturae. Индекс. (РИНЦ, Scopus)

Мероприятия, которые были проведены (конференции, семинары, круглые столы):

Апробация предложений по отдельным перспективным направлениям фундаментальных исследований проходила в рамках Международных, российских научных конференций и форумов, междисциплинарных региональных научных конференциях и семинарах:

1. 25 января 2019 г. Участие в семинаре Института Трансляционной Биомедицины, СПбГУ. Тема доклада: "Участие микробиоты в патогенезе болезней человека". Докладчик: д.б.н., профессор, академик, Генеральный директор ФНКЦ физико-химической медицины ФМБА России Вадим Маркович Говорун

2. 24-26 сентября 2019 г. Организация, проведение в СПбНЦ РАН "Международной научной конференция «Интегративная физиология». Соорганизатор - СПбНЦ РАН

3. 5 февраля 2019 г. Семинар в СПбНЦ РАН по молекулярной и эволюционной биологии: «Ablastica Metazoa, не имеющие зародышевых листков». Докладчик: А.К. Дондуа, д.б.н., профессор (кафедра эмбриологии СПб ГУ).

4. 21 мая 2019 г. В СПбНЦ РАН Семинар по эволюционной и молекулярной биологии. Докладчик: академик С.Г. Инге-Вечтомов (кафедра генетики и биотехнологии СПбГУ, СПб Филиал Института общей генетики им. Н.И.Вавилова РАН): «Матричный принцип в биологии».

5. 4 июня 2019 г. Организация и проведение в СПбНЦ РАН- Региональной научной конференции «Теоретическая генетика, биоинформатика и системная биология», посвященной 100-летию кафедры генетики Санкт-Петербургского государственного университета. Организаторами конференции являются: Объединенные научные советы «Биология и медицина» и «Экология и природные ресурсы» СПбНЦ РАН, Вавиловское общество генетиков и селекционеров Санкт-Петербурга, кафедра генетики и биотехнологии СПбГУ. В конференции приняли участие около 180 генетиков, биологов из различных учреждений Санкт-Петербурга и Ленобласти – СПбНЦ РАН, БИН РАН, ЗИН РАН, ИНЦ РАН, ИФ РАН (Колтуши), ФИЦ «Генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт» (Гатчина), СПбФ ИОГен им. Н.И. Вавилова РАН, ВНИИСХМ (Пушкин), ВИЗР РАН (Пушкин), ВНИИГРЖ РАН (Пушкин), ФГБОУ ВО СПбГМУ им. И.П. Павлова, ФГБОУ ВО СПбГПМУ и др.

6. 7 июня 2019 г. в Малом конференц-зале Санкт-Петербургского научного центра РАН - заседание Объединенного научного совета «Биология и медицина» в формате Круглого стола по теме: "Привлечение Бизнес - партнеров в создание современных микробиологических препаратов". На заседании приняли участие представители СПбНЦ

РАН, СПбГУ, Научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии, представители фирм "Еврохим" и "РосАгро".

7. Участие в XVIII Всероссийском симпозиуме с международным участием «Структура и функции клеточного ядра», июнь 2019 г. ЦИН РАН

8. 18-22 июня 2019 г. участие в работе VI съезда Вавиловского общества генетиков и селекционеров им. Н.И. Вавилова в качестве делегата съезда, члена совета ВОГиС СПб, докладчика. Тезисы доклада опубликованы: «Микробиом человека», стр. 799.

9. 27-29 сентября 2019 г. Участие в Научно- практической конференция с международным участием: «Генетика — фундаментальная основа инноваций в медицине и селекции» г. Ростов-на-Дону со стендовым докладом. Тезисы опубликованы.

10. Участие на 11 Объединенном научном форуме, IX Российском симпозиуме «Белки и пептиды», с Международным участием, Сочи, 1-6 октября 2019 г

11. 6-7 ноября 2019 г. Участие в работе Открытого семинара в ФНКЦ физико-химической медицины ФМБА РФ «Секретный код микробиоты. 10 лет познания». Москва.

12. 7 ноября 2019 г. Участие в семинаре по молекулярной биологии. Докл.: д.м.н. Голощапов О. Н. – НИИ детской онкологии, гематологии и трансплантологии им. Р.М. Горбачевой, СПбГМУ им. И.П. Павлова « Трансплантация микробиоты – частные вопросы».

## **8 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области экологии и природных ресурсов**

В условиях современной глобализации человек коренным образом изменяет окружающую естественную среду, иногда настолько трансформируя природные экосистемы, что на их восстановление могут уйти десятилетия. Стремительное развитие инфраструктуры Санкт-Петербурга и Ленинградской области, разрушение коренных ландшафтов, прямое или косвенное воздействие на биоту региона определило приоритет проблемы, которую можно сформулировать следующим образом: «Человек как фактор эволюции и его роль в природных экосистемах». Основные исследования научных организаций Санкт-Петербурга по направлению «Экология и природные ресурсы», представлены следующими ведущими направлениями, которые вызвали интерес Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации и были включены в соответствующие Федеральные Целевые Программы, Стратегии и Концепции:

- Биоресурсы. Изучение и мониторинг биоразнообразия;
- Влияние природопользования на природные экосистемы Северо-Запада России;
- Экологическая генетика.

Научные исследования, проводимые Объединенным научным советом «Экология и природные ресурсы» СПбНЦ РАН в 2019 году, полностью соответствуют теме Госзадания СПбНЦ РАН «Разработка теории трансформации научно-инновационного пространства Санкт-Петербурга в контексте инновационного развития российской экономики с учетом теоретико-методических основ устойчивого технологического развития региона на основе инновационно-инвестиционной деятельности и воспроизводства и формирования научно-образовательного потенциала Санкт-Петербурга», продолжают ряд проектов СПбНЦ РАН по перечисленным выше направлениям и осуществляются в рамках реализации следующих Стратегий и Концепций РФ:

- разработанной Министерством природных ресурсов и экологии РФ Концепции развития системы особо охраняемых природных территорий федерального значения до 2020 года», Распоряжение от 22 декабря 2011 года №2322-р;

- Водной стратегии РФ до 2020 г. (от 27.08.2009 г.);

- Постановлению Правительства РФ от 19 апреля 2012 г. № 350 «О федеральной целевой программе "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 - 2020 годах", 2 мая 2012 г.



- Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г., которая была утверждена распоряжением Правительства от 22.11.2008, №1734-р. (Новая редакция: Распоряжение от 11 июня 2014 года №1032-р).

Ниже представлены сведения о публикациях, докладах, а также мероприятиях, отражающих результаты исследований, проведенных научными сотрудниками СПбНЦ РАН и созданными на базе Санкт-Петербургского научного центра РАН временными творческими коллективами в 2019 году. Материалы результатов исследований по научным направлениям и проектам, осуществляемым в рамках работы Объединенного научного совета «Экология и природные ресурсы» представлены в виде отдельных глав, имеющих следующую структуру: 1. Название научного направления; 2. Название научного проекта; 3. Краткое содержание результатов исследований, представленных в а) опубликованных работах, б) статьях, находящихся в печати, в) материалах докладов и выступлений на конференциях, совещаниях, семинарах и т.д. Направление деятельности Совета в теме Госзадания обозначено пунктом «8».

## **8.1 Биоресурсы. Изучение и мониторинг биоразнообразия**

8.1.1 Инвентаризация и мониторинг ресурсно-значимых и редких животных Санкт-Петербурга и Ленинградской области

Цели и задачи проекта: выявление редких и новых для региона видов, мониторинг рецентной фауны для решения задач охраны и рационального управления природными ресурсами.

В рамках данного проекта в 2019 году опубликовано 4 научные статьи, 1 статья находится в печати, полученные данные представлены в виде 7 докладов на семинарах, научных конференциях и рабочих совещаниях.

Публикации:

1) Бубличенко А.Г., Бубличенко Ю.Н. История формирования и современное состояние приморских ООПТ Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции «Особо охраняемые природные территории: прошлое, настоящее, будущее». Стр. 181-186. Научные труды Национального парка «Хвалынский»: сборник научных статей. – Саратов – Хвалынский: ООО «Амирит», 2019. – Вып. 11. – 316 с. ISBN 978-5-00140-350-0

В статье рассмотрены история формирования приморских особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга и Ленинградской области, современное состояние фауны населяющих их наземных позвоночных животных, проблемы

реализации технических проектов в акватории Финского залива и перспективы в области охраны животного мира.

В настоящее время на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области выделено 57 особо охраняемых природных территорий, из которых три — Нижне-Свирский заповедник, заповедник «Восток Финского залива» и заказник Мшинское болото — имеют статус ООПТ федерального значения (Рис. 8.1).



Рисунок 8.1 – Особо охраняемые территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области

Несмотря на значительное число охраняемых природных территорий в Ленинградской области, их общая площадь к настоящему времени составляет немногим более 7% от всей территории региона, а в Санкт-Петербурге – всего 4,3%.

Приморское положение Санкт-Петербурга так же, как особенности географии восточной части Финского залива и Невской губы, определяют в последнее время повышенный интерес биологов к побережью материка и островам. Но, хотя важность развития широкой сети морских охраняемых территорий отражена во многих международных соглашениях, таких, как HELCOM, UNEP и OSPAR – тем не менее, количество морских ООПТ России в Балтийском регионе в настоящее время катастрофически мало.

К настоящему времени часть прибрежных биотопов Финского залива охраняется в региональных заказниках: «Березовые острова», «Выборгский», «Северное побережье Невской губы», «Западный Котлин», «Лебяжий», «Кургальский», в новом федеральном заповеднике «Восток Финского залива», однако этого явно недостаточно. В идеале, в

систему ООПТ региона должны войти до 43% ценных прибрежных биотопов Финского залива (Ковалев и др. 2012).

Наиболее ценными биотопами для наземных позвоночных животных – как резидентов, так и мигрирующих видов, - в прибрежной зоне Финского залива являются отмели с глубинами до 4—5 метров, прибрежные мелководья, заросшие гигрофитами, песчаные и галечные пляжи с участками грязевых отмелей, заболоченные прибрежные террасы, приморские луга. Леса на глинтавом уступе и береговые парковые насаждения дают возможность проникнуть на побережье видам, формально не связанным с акваторией (Бубличенко Ю., 2014; Ryabchuk etc., 2017). Приоритетными для сохранения являются участки существующих колоний птиц и их массовых миграционных стоянок, места постоянных залежек и щенки тюленей, нерестилища рыб.

В пределах ООПТ Финского залива зарегистрировано 97 видов птиц (учитывая прибрежные лесные и антропогенные местообитания, - более 120), из них на гнездовании встречается 60 видов; отмечены 51 вид млекопитающих, 4 вида амфибий, 3 вида рептилий. 2 вида наземных позвоночных включены в списки охраняемых видов IUCN, 8 – в Красную книгу РФ, 37 видов – в Красную книгу животного мира Ленинградской области; 15 занесены в списки охраняемых видов HELCOM.

Ключевую роль играют приморские ООПТ и для сохранения мест стоянок мигрирующих птиц. Благодаря своему географическому положению, Финский залив выполняет функцию «бутылочного горлышка», через которое проходят миллионы мигрантов (Рис. 8.2). Роль залива, как «накопителя» пролетных водоплавающих птиц обусловлена, кроме того, климатическими и биоценотическими факторами.

Факторы, лимитирующие стабилизацию экосистем Финского залива, традиционно подразделяются на естественные, связанные с природными осцилляциями, и антропогенные, прямо или косвенно связанные с деятельностью человека. Среди основных естественных факторов все чаще называют потепление климата, и действительно, на побережье и акватории залива в последнее время можно наблюдать явно выраженную экспансию «южных» видов птиц: стремительное расселение большого баклана, все более частые залеты белой цапли, появление на гнездовании серой утки, шилоклювки, увеличение числа гнездящихся лебедей-шипунцов. Однако для некоторых аборигенных видов, и в первую очередь для балтийской кольчатой нерпы, потепление климата и связанное с этим ухудшение состояния ледяного покрова в местах щенки оказались катастрофическими, вызвав, наряду с другими причинами, резкое снижение численности.

Ключевую роль играют приморские ООПТ и для сохранения мест стоянок мигрирующих птиц



Рисунок 8.2 – Мигрирующие птицы на Финском заливе. Фото авторов

Приведенные выше данные, тем не менее, не идут ни в какое сравнение с масштабами человеческой деятельности. Последние десятилетия морские экосистемы Финского залива испытывают сильнейший антропогенный пресс, который выражается в загрязнении среды, судовом трафике, запредельно высоком уровне рыболовства, добыче песка и полезных ископаемых, дноуглублении и намывке грунтов под вновь создаваемые для застройки территории. Говоря о негативных антропогенных воздействиях, нельзя также не упомянуть такой фактор, как рост рекреационной нагрузки и беспокойство животных в местах их обитания. Позвоночные животные в большинстве случаев активно избегают любых контактов с человеком, причем дистанция избегания, за исключением амфибий, мелких млекопитающих и некоторых видов воробьиных птиц, может быть весьма значительной. При постоянном действии раздражителя отрицательный эффект накапливается, и в конце концов животные окончательно покидают свой участок обитания; как следствие, нарушается пространственная структура популяции, возрастает уровень стресса и смертности не территориальных особей. У мигрирующих птиц, кроме того, фактор беспокойства препятствует накоплению необходимых для миграции энергетических резервов и сдвигает сроки начала гнездования, что резко снижает успешность размножения. Самыми «неблагополучными» биотопами в плане рекреационных нагрузок на побережье залива являются, несомненно, прибрежные песчаные пляжи; из-за постоянного стресса здесь практически исчезли гнездившиеся ранее виды, а также резко сократилась их численность в периоды миграций (Бубличенко Ю., 2014).

Необходимо отметить, что, несмотря на приоритет федерального уровня, именно региональные сети ООПТ сохраняют большую часть ценных природных комплексов и объектов. Наиболее актуальными проблемами для территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области остаются: сохранение природных комплексов водной системы Онежское озеро – река Свирь – Ладожское озеро – река Нева – Невская губа Финского залива – Финский залив; сохранение Беломоро-Балтийского миграционного пути птиц; сохранение эталонных участков коренных старовозрастных лесов; сохранение экосистем верховых и переходных болот (Ковалев и др., 2012). В связи с этим очевидно, что развитие системы приморских ООПТ в регионе и интеграция их в международные экологические сети становится одной из важнейших задач на данном этапе природоохранного планирования.

Публикации:

1) М.В. Веревкин, М. Юсси, К. Николлс. Состояние популяции и характер использования акватории Финского залива балтийской кольчатой нерпой. Материалы XX Международного экологического форума «День Балтийского моря», Санкт-Петербург 2019, стр.158-165.

2) М.В. Веревкин, М. Юсси, К. Николлс. «Состояние популяции и характер использования акватории Финского залива балтийской кольчатой нерпой.» в журнале «Окружающая среда Санкт-Петербурга» №4 (14) декабрь 2019 г. стр. 70-73.

3) Mart Jüssi, Mikhail Verevkin. Ringed Seal in the Gulf of Finland//The World Marine Mammal Conference in Barcelona, Catalonia, Spain. 2019. P. 9-12.

В статьях представлены данные по характеру использования и распределению балтийской кольчатой нерпы на акватории Финского залива. Наблюдения проведены методом телеметрии, спутниковыми датчиками помечено примерно 10% популяции.

Балтийское море, как внутреннее море Европы, подвержено интенсивному антропогенному воздействию, а Финский залив подвергается наибольшему влиянию со стороны человека. Со второй половины 1990-х гг. на побережье Финского залива активно ведется строительство морских терминалов, увеличивается грузовой поток судов, что обостряет проблему беспокойства для ластоногих. Эксплуатация фарватеров, ведущих к крупным портам, отрицательно влияет на морских млекопитающих, особенно в зимний период, когда ледоколами взламываются льды, на которых тюлени размножаются. Изменение экологических условий и увеличение рыболовной нагрузки приводит к сокращению рыбных запасов, что усиливает проблему конкурентных отношений за рыбу между рыбаками и тюленями.

На двенадцатом заседании экспертной группы ХЕЛКОМ по морским млекопитающим была отмечена крайне низкая численность популяции кольчатой нерпы в Финском заливе. В 2018г. в акватории России, Финляндии и Эстонии учтены только 113 особей нерпы.

Изначально сокращение численности было связано с загрязнением окружающей среды, развитием рыболовства и охоты на тюленей. В течение десятилетий охота на тюленей не ограничивалась, поэтому зверобойный промысел носил хищнический характер и в некоторые годы превышал естественный прирост. Кроме того, нерпу истребляли как вредителя рыбного хозяйства. В территориальных водах СССР промысел балтийской кольчатой нерпы запрещен с 1979 г., несмотря на это ее численность в Финском заливе продолжала падать. На современном этапе основными лимитирующими факторами являются потепление климата, загрязнение окружающей среды и возрастающий фактор беспокойства.

Регулярные исследования кольчатой нерпы лежат в основе разработки эффективных мероприятий, направленных на сохранение популяции данного вида. В контексте рационального природопользования и охраны нерп основное внимание уделяется местам их размножения на льду и залежкам. Именно здесь, благодаря относительной доступности, обычно собираются данные с применением методов аэрофотосъемки и исследований с судов. Тем не менее, нерпы проводят значительную часть времени (более 60%) в открытом море и под водой. Таким образом, для разработки эффективных мер по охране популяции важно иметь представление о том, как нерпы используют морскую среду. Телеметрические исследования с установкой на нерпах GPS-датчиков позволяют собирать наиболее полную информацию о поведении нерп и характере их.

Результаты исследований 2017-2018гг. и предварительные данные 2018-2019 гг. показали, что все меченые животные оставались в Финском заливе в акватории трех стран: России, Финляндии и Эстонии. Численность популяции балтийской кольчатой нерпы в Финском заливе крайне мала, популяция занимает ограниченную акваторию залива. Нерпы выбирают и используют районы наиболее благоприятные для их жизни, при этом они наиболее уязвимы в случае антропогенного воздействия на эти территории. При учтенной численности кольчатой нерпы 113 особей на льду этот подвид в восточной части Балтийского моря находится под угрозой исчезновения. Проведение регулярных исследований, в том числе методом телеметрии, необходимо для пополнения научной базы и разработки эффективной стратегии сохранения данного вида. Работы проведены при поддержке компании «Нордстрим 2AG». (Рис. 8.3).

Доклады на конференциях и рабочих совещаниях, отчеты по научным проектам:

1. Mart Jüssi, Mikhail Verevkin: Findings from the ongoing study of ringed seals' habitat use in the Gulf of Finland. The Gulf of Finland Science Days Helsinki. 2019.

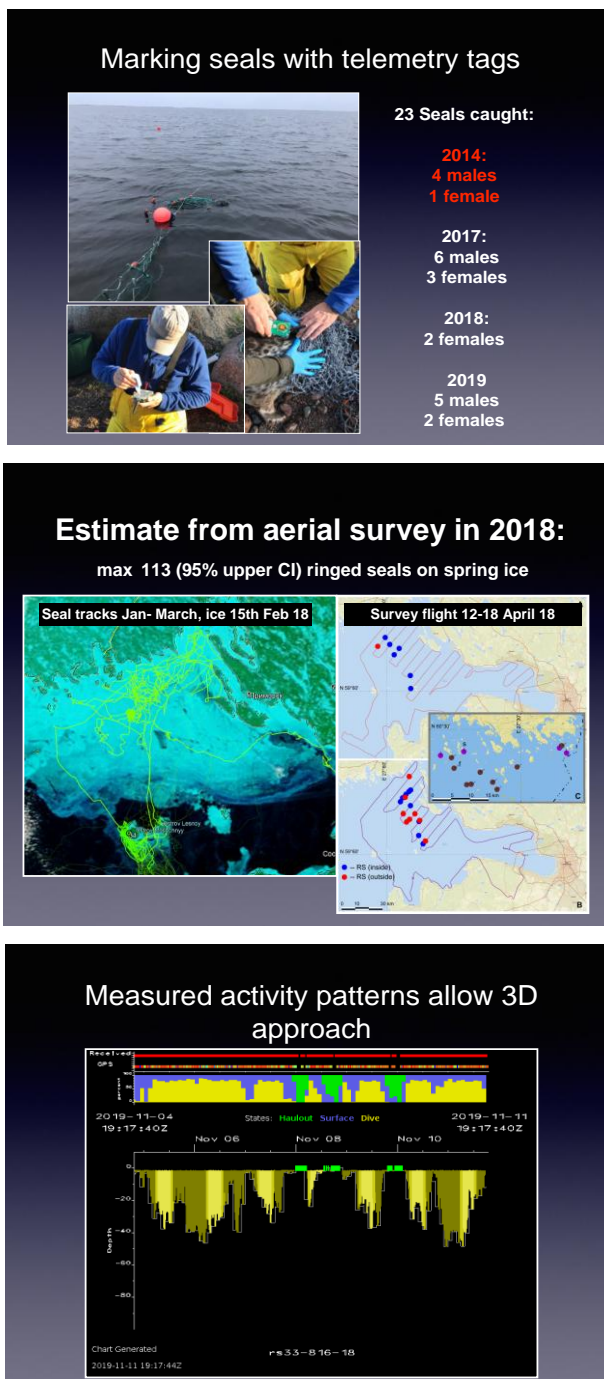


Рисунок 8.3 – Изучение балтийской кольчатой нерпы методом телеметрии



2. Бубличенко А.Г., Бубличенко Ю.Н. История формирования и современное состояние приморских ООПТ Санкт-Петербурга и Ленинградской области. - VI Международная научно-практическая конференция с международным участием «Особо охраняемые природные территории: прошлое, настоящее, будущее». Саратов-Хвалынский. 17-19.10.2019, (Рис. 8.4, 8.5, 8.6).



Рисунок 8.4 – Инициаторы создания заказников на территории Ленинградской области



Рисунок 8.5 – Виды, занесенные в Красные книги





Рисунок 8.6 – Факторы, лимитирующие стабилизацию экосистем Финского залива

3. М.В. Вережкин, М. Юсси. Использование акватории Финского залива балтийской кольчатой нерпой. Научно-практическая конференция «Мой край». СПбНЦ РАН. СПб. 26 ноября 2019 г. (Рис. 8.7, 8.8).



Рисунок 8.7 – Использование акватории Финского залива балтийской кольчатой нерпой



#### Выводы

1. Современная популяция балтийской кольчатой нерпы Финского залива обитает в восточной части залива (восточнее 26<sup>0</sup> в.д.).
2. Численность кольчатой нерпы в Финском заливе находится на катастрофически низком уровне. Необходимо продолжать мониторинг численности. Состояние здоровья популяции и причина ее низкой численности остаются неизвестны. Необходимо провести соответствующие исследования.
3. Данные полученные методом телеметрии свидетельствуют о чрезвычайной важности Кургальского рифа и островов в южной части залива, как основного района обитания популяции.
4. Районы кормежек меченых нерп приурочены к местам изменения рельефа дна, в основном к котловинам.
5. Осенью, при остывании воды, нерпа уходит на север в поисках льда для размножения.
6. На данный момент прокладка трубы газопровода не повлияла на характер использования акватории залива нерпами. Необходим мониторинг при запуске газопровода.

Рисунок 8.8 – Отлов и мечение нерпы

4. М.В. Веревкин, А.Г. Бубличенко, Ю.Н. Бубличенко. Проведение авиаучетов тюленей и осенних миграционных стоянок птиц в акватории российского сектора Финского залива.
5. М.В. Веревкин "Разработка методики учета численности и оценки тенденции динамики численности южных популяций балтийской кольчатой нерпы в условиях потепления климата" (при спонсорской поддержке АО «Ростерминалуголь»)

В октябре 2019 г. проведены авиаучеты тюленей и осенних миграционных стоянок птиц в акватории российского сектора Финского залива, которые позволили выявить основные места концентрации серых тюленей и кольчатой нерпы, а также места массовых стоянок водоплавающих и околоводных птиц, следующих Беломоро-Балтийским миграционным путем (Рис. 8.9, 8.10). После обработки полученных материалов будут созданы карты-схемы основных мест осенних стоянок мигрирующих птиц, а также встреч и участков концентрации двух видов тюленей на Финском заливе.



## Материал и методы исследований:

- работы велись с борта самолета Cessna 182 в апреле-мае 2016 г. в соответствии с
- методическими рекомендациями по авиаучетам птиц и морских млекопитающих
- скорость самолета во время наблюдений варьировала от 170 до 190 км/час
- высота полета - от 50 м до 100 м
- наблюдения проводили два опытных учетчика с правого и левого бортов самолета
- оборудование: 1) фотоаппараты Canon EOS 40D и объективом Canon 70-200 и Nikon D750 с объективом Nikkor с переменным фокусным расстоянием до 300 мм, 2) GPS Garmin 78s, настроенный в системе координат WGS 84, 3) цифровой диктофон Olympus VN 3100PC
- фотографии имели привязку к географическим координатам, которые поступали от подключенного к камере GPS-приемника.
- общее время авиаучетов - 11 часов наблюдений
- общая длина маршрута - более 1700 км



## Методики работ:

- Aerial survey technique, 2008;
- Delani, 2011; Skalski at al. 2005;
- Williams at al. 2002;
- Бубличенко, Бубличенко, 2015
- Для создания схем расположения стоянок птиц использовалась программа QGIS 3.0, стоянок тюленей - GoogleEarth.
- диаграмм – Excel 2007



Рисунок 8.9 – Серые тюлени



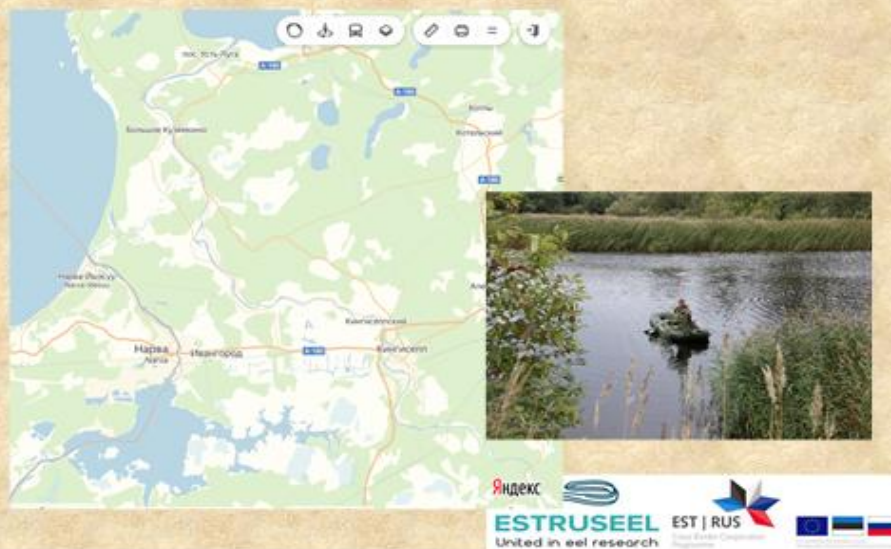


Рисунок 8.10 – Стая больших бакланов

6. Титов С.Ф., Сендек Д.С. Промежуточный отчет по Российско-Эстонскому проекту “ESTRUSEEL” ER80 (Рис. 8.11):



**В сентябре и октябре 2019 обловы проведены на 6 станциях в нижней части реки Нарвы.**



**В настоящее время европейский угорь находится под угрозой исчезновения – численность его естественных популяций составляет около 1% от запасов начала XX века.**

**Основные факторы, оказывающие негативное влияние на состояние запасов угря:**

- нерациональный промысел
- изменение океанского климата
- уничтожение и ухудшение мест обитания
- возникновение барьеров на путях миграций



**В 2019 году российские и эстонские ихтиологи начали новый совместный проект по оценке запасов европейского угря в бассейне реки Нарва по обе стороны границы.**

**Основные партнеры проекта:**

- Санкт-Петербургский научный центр Российской Академии Наук (Россия)
- Лимнологический центр Эстонского университета естественных наук (Эстония)

**Продолжительность проекта:**

**36 месяцев 01.03.2019 - 28.02.2022**







Рисунок 8.11 – Оценка запасов и полный биологический анализ угря

7. Сендек Д.С. Промежуточный отчет о выполнении НИР по договору НИР №РО18-5331 от 12.02.2019 «Изучение внутривидового биоразнообразия обыкновенного сига *Coregonus lavaretus sensu lato*, обитающего вблизи островов открытой части Восточной части Финского Балтийского моря и материкового побережья и представленного устойчивыми экологическими группировками, с целью выяснения таксономического статуса данных экоформ и оценки воздействия на них различных антропогенных факторов (период открытой воды 2019 и 2020 гг.)»

В летний и осенний периоды 2019 года на станциях в районе исследований были проведены обловы. Натурные полевые работы выполнялись в соответствии с

календарным планом, их периодичность составляла не менее одного выезда каждый месяц в период с мая по октябрь. Основные работы по обловам с применением разноячеистых сетей проводились в Нарвском заливе, в Лужской губе, а также вблизи островов Сескар, Малый, Мощный (Рис. 1). Кроме того, вблизи материкового берега в Нарвском заливе и в Лужской губе осуществлялись невожения с применением малькового невода. В общей сложности на середину ноября 2019 г. было поймано около 40 сигов (Рис. 8.12). В настоящее время работы по обловам продолжаются и будут завершены не ранее 1 декабря (в соответствии с календарным планом), а при благоприятных погодных условиях продлятся в зимний период вплоть до времени начала активного льдообразования в Финском заливе.



Рисунок 8.12 – Сиг в сетном улове при проведении обловов в Нарвском заливе в ноябре 2019 г.

Камеральная обработка отловленных сигов проводится в лабораторных условиях. Выполняется общий биологический анализ рыб, определяются размерно-весовые параметры, пол, стадия зрелости, содержание желудка, подсчитывается количество тычинок на первой жаберной дуге, берутся образцы чешуи для определения возраста (Рис. 8.13).



Рисунок 8.13 – Изучение содержания желудка у сига

Чешуйные препараты используются также для установления происхождения рыб (естественное воспроизводство или искусственное разведение) и определения вклада каждой компоненты воспроизводства в общий запас вида в Финском заливе. От каждой рыбы забираются пробы тканей (печень и мышцы) для проведения популяционно-генетических анализов, целью которых является установление доли анадромных сигов и резидентных сигов с морским нерестом, нагуливающих в смешанном стаде в районе исследований. Каждая обработанная рыба фотографируется для последующего морфологического анализа и привязки собранных проб к цифровым изображениям рыб (Рис. 8.14).



Рисунок 8.14 – Цифровая фотография сига, сделанная при проведении камеральной обработки улова

В настоящее время проводится работа по обработке и анализу генетического материала. Проведен популяционно-генетический анализ от уже собранных образцов по



30 изоферментным локусам, кодирующим гены ядерной ДНК (Рис. 8.15). Данная работа будет продолжена и завершена после поступления в лабораторию рыб, отловленных в ноябре.

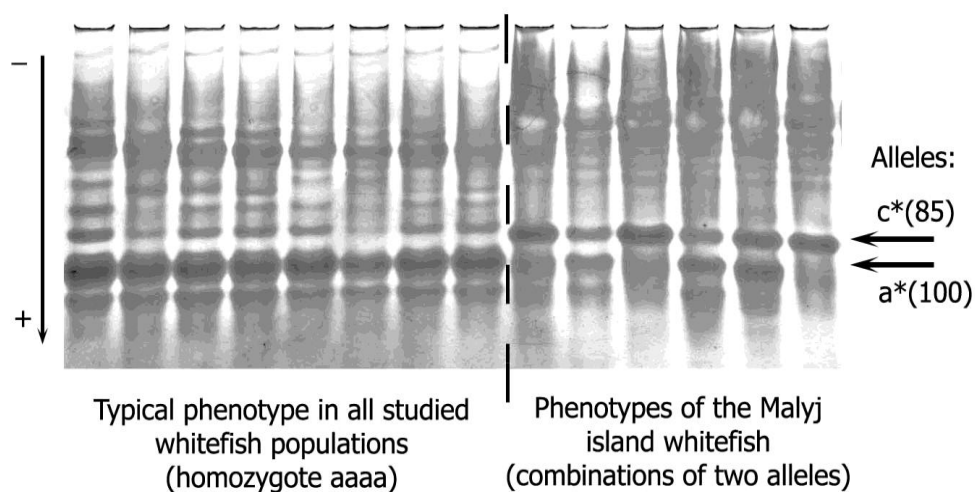


Рисунок 8.15 – Зимограмма продуктов ферментной активности аллелей локусов *СК-А1,2\** - одного из наиболее информативных генетических маркеров при изучении биоразнообразия сигах Финского залива

Проведено выделение ДНК из заспиртованных образцов печени пойманных рыб для последующего анализа вариабельности гена ND-1 митохондриальной ДНК. После амплификации участка мтДНК, содержащей исследуемый ген, первые несколько проб сигах были отправлены на секвенирование. (Работы выполнены при поддержке компании «Нордстрим 2 AG»).

8.1.2 Исследование механизмов вселения и влияния чужеродных видов в водные и наземные экосистемы с целью разработки научно обоснованных инновационных подходов к снижению их отрицательного воздействия на экосистемы Северо-Запада России

Цели и задачи проекта: определение и изучение механизмов вселения и влияния чужеродных видов на водные и наземные экосистемы с целью разработки научно обоснованных инновационных подходов к снижению их отрицательного воздействия на экосистемы Северо-Запада России.

В рамках данного проекта в 2019 году поданы в печать 12 научных статей, полученные данные представлены в виде 2 докладов на научных конференциях.

Проблема биологических инвазий чужеродных видов уже более пятидесяти лет является одной из острых проблем многих стран мира. Это связано с деятельностью человека, а также возможными глобальными климатическими изменениями. Например, значительные изменения распространения млекопитающих произошли в Европейской части России в результате антропогенного преобразования лесов и степей, таких как: масштабные рубки леса, разреживание леса в результате возникновения гарей и рекреационной нагрузки; сокращение и фрагментация лесопокрытой площади; появление полей, строений и дорог на местах, ранее занятых лесами и степями; проникновение древесных растений в степь (лесопосадки), обводнение территории и др. Известно, что в пресноводных водоемах и морях южной Европы за последние 20-30 лет успешно натурализовалось более 300 видов, представителей всех таксономических групп эукариот (Atlas of Exotic Species in the Mediterranean Sea International, AESMSI; Атлас Экзотических Видов Средиземного Моря, <http://www.ciesm.org/online/atlas>). Международные базы данных показывают, что в Европе в настоящее время обнаружено 84 чужеродных видов грибов, 58 видов мхов и лишайников, 3749 видов сосудистых растений, 1522 вида наземных беспозвоночных животных, 357 видов пресноводных беспозвоночных животных, 75 видов рыб, 35 видов амфибий, 72 вида рептилий, 193 вида птиц, 88 видов млекопитающих (<http://www.nobanis.org>; <http://www.alarmproject.net>; <http://www.daisie.se>). Несмотря на то, что в России инвазии чужеродных видов в последнее время происходят с нарастающей интенсивностью, планомерные фундаментальные исследования инвазий чужеродных видов как источников экологической опасности нашей страны начаты сравнительно недавно и необходимо детальное изучение данных видов и угроз, связанных с ними, во всех регионах России. На Северо-Западе России это направление исследований успешно развивается сотрудниками СПбНЦ РАН и ЗИН РАН.

Количественный и видовой состав фауны региона Балтийского моря в последние десятилетия заметно меняется в связи с изменением климата, антропогенной трансформацией околородных ландшафтов, интенсивным береговым строительством, усилением фактора беспокойства, преднамеренной или случайной интродукцией чужеродных видов и т.д.

Изучение пространственного распределения и относительной численности интродуцированных видов позвоночных животных, а также видов, естественным образом расширяющих свой ареал, проводились на материковом побережье и островах в российском секторе Финского залива с 1994 по 2019 гг. За последние два десятилетия в Ленинградской области появилось 6 новых видов птиц, которые в настоящее время активно осваивают острова и побережье, а также 5 видов млекопитающих и 1 вид

амфибий, которые были интродуцированы или расселились по территории самостоятельно в начале-середине XX века и стали частью прибрежных экосистем. (Рис. 8.16, 8.17, 8.18, 8.19).



Рисунок 8.16 – Большую белую цаплю *Casmerodius albus* регулярно встречают на материковом побережье Финского залива с 2010 г, на островах залива вид регистрировали впервые в 2018-2019, в том числе в сезон размножения. Фото С. Брылякова и Ю. Бубличенко



Рисунок 8.17 – Шилоклювка – *Recurvirostra avosetta* новый вид для восточной части Финского залива. Впервые найдена на гнездовании С. Брыляковым в 2019 г.



Рисунок 8.18 – Все чужеродные виды млекопитающих были интродуцированы человеком в первой половине XX в. Американская норка *Neovison vison* - один из наиболее агрессивных хищников в регионе, который на отдельных участках материкового побережья наносит существенный урон численности ондатры, а поселяясь на островах рядом с небольшими колониями крачек и чаек, уничтожает их полностью.



Рисунок 8.19 – Ондатра *Ondatra zibethicus* и ее места обитания в регионе. Археоинвайдер серая крыса *Rattus norvegicus* (внизу слева) освоила прибрежные экосистемы Финского залива (внизу справа). Фото А. Бубличенко

Какие причины определяют появление и закрепление в акватории Финского залива и прилегающих территориях новых видов наземных позвоночных животных, или это комплекс причин, обусловленный как абиотическими, так и биологическими, в том числе поведенческими факторами – например, «сбои» миграционного поведения птиц на фоне изменения ландшафтных направляющих путей миграции или исчезновение привычных



миграционных стоянок? Эти и другие вопросы должен решить последующий комплексный экологический мониторинг водных и прибрежных экосистем. (Исследования 2019 г. проводились совместно с сотрудниками ЗИН РАН при поддержке компании «Нордстрим 2AG» и эстонско-российского гранта ER55).

Публикации:

1) Орлова М.И. Первая находка и инвазионный статус *Rangia cuneata* (Sowerby, 1831) (Mactridae, Bivalvia) в восточной части Финского залива. Региональная экология. 2019. Вып.3.

Данное краткое сообщение содержит результаты первичного исследования находок рангии для оценки инвазионного статуса обнаруженной в восточной части Финского залива популяции и результаты анализа информации открытых источников об особенностях распространения в Балтике данного вида как основы предположений о его дальнейшем расселении в ВЧФЗ. Актуальность постановки такой задачи обусловлена важным значением чужеродных видов в формировании биологического разнообразия ВЧФЗ, где указанные выше черты Балтийского моря наиболее выражены на фоне возросших темпов осуществления на его берегах и акваториях различных видов природопользования, которые могут способствовать дальнейшему расселению *R. cuneata* и других хозяйственно и экологически значимых видов различного происхождения (Рис. 8.20, 8.21).

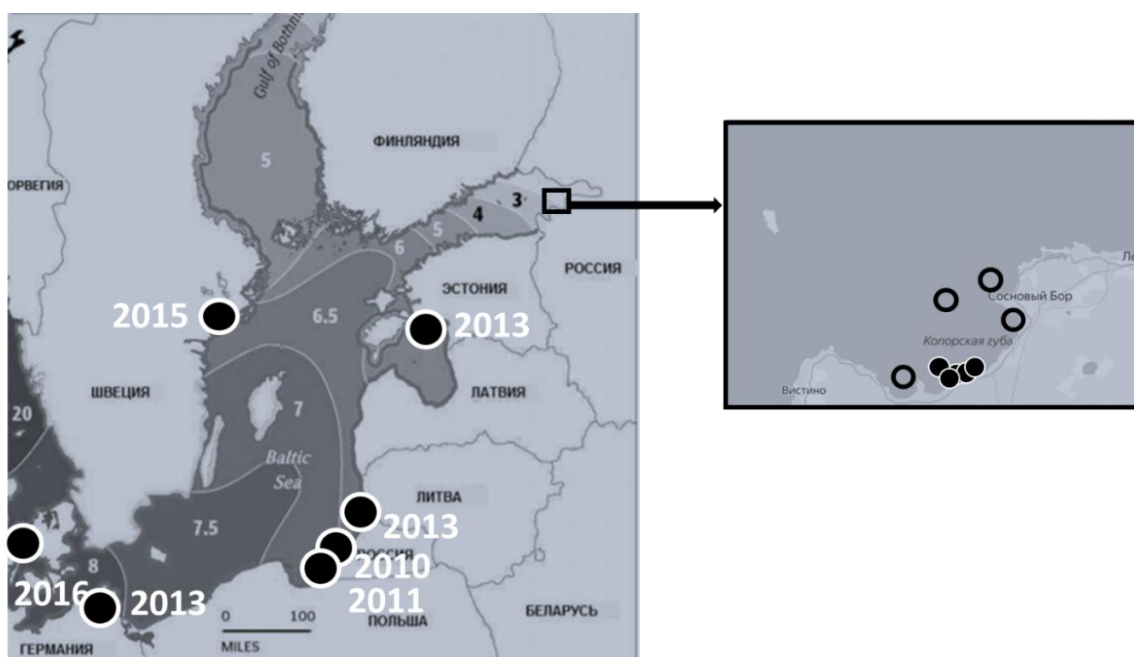
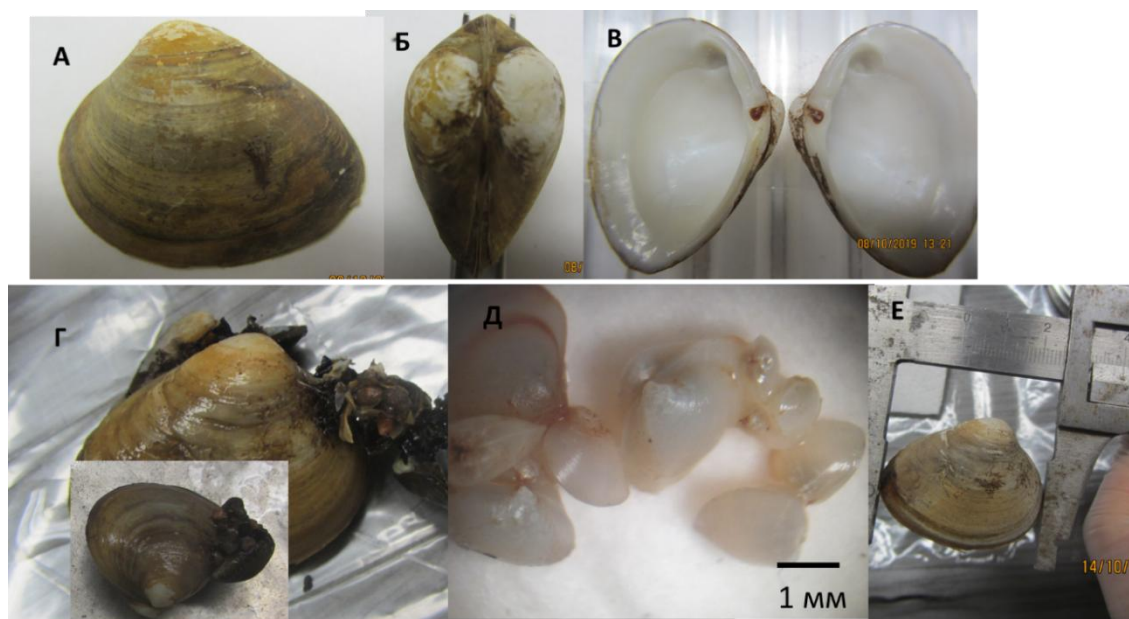


Рисунок 8.20 – Динамика регистраций первых находок *R. cuneata* в Балтийском море (слева); регистрация *R. cuneata* 2019 г. в ВЧФЗ отмечена прямоугольником, ограничивающим карту-врезку Копорской Губы (справа) с указанием локальностей обнаружения в виде темных кружков

Развитие рангии на ограниченной акватории Копорской Губы, присутствие в поселении молоди, позволяют считать, что вид находится в фазе натурализации, а обнаруженную популяцию считать самовоспроизводящейся.



А, Б – Внешний вид особей сбоку и сверху, В – вид внутренних поверхностей правой и левой створок, Г – обрастание *Mytilopsis leocophaeta* на особях *R. cuneata*, Д - молодые моллюски, размером менее 5 мм длины под бинокулярным микроскопом, Е – особь максимального зарегистрированного размера - 40 мм

Рисунок 8.21 – *R. cuneata* из Копорской Губы Финского залива

В долгосрочной перспективе, при прохождении рангией фазы экспансии, возможно ее расселение за пределы Копорской губы в естественные и техногенно-трансформированные донные биотопы, приемлемые по соленостным условиям, вплоть до мелководного района на участки прибрежной зоны не занятые массовыми поселениями зарывающихся двустворчатых моллюсков. При массовом развитии вид может иметь важное практическое значение как источник биопомех для объектов промышленности и энергетики, использующих в системах технического водоснабжения и охлаждения солоноватую воду Финского залива, а возможно и промысловое. (Работа выполнена при поддержке гостя (договор № АААА-А17-117021310121-0 «Исследования динамики трофических связей, биологического разнообразия и закономерностей круговорота биогенных элементов в экосистемах континентальных водоемов, вызванной антропогенным воздействием и колебаниями климата»), а также темы № 0240-2018-0001 «Разработка теории трансформации научно-инновационного пространства Санкт-Петербурга в контексте инновационного развития российской экономики с учетом

теоретико-методологических основ устойчивого технологического развития региона на основе инновационно-инвестиционной деятельности и воспроизводства и формирования научно-образовательного потенциала Санкт-Петербурга»; договора PO18 5330 (Нордстрим 2 АГ) и программы соседства Эстонии и России, грант ER 55, финансируемого правительствами России, Эстонии, Европейским союзом и софинансируемого СПбНЦ РАН).

В коллективной монографии «Top 100 invaders in Russia» планируются к публикации статьи по еще по 7 видам:

– Orlova M. , Feniova I. (in press, 2019) *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831) Dark false mussel. In Petrosyan et al (eds.) Top 100 invaders in Russia, KMK Scientific press

– Orlova M. , Feniova I. (in press, 2019) *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) Bay barnacle. In Petrosyan et al (eds.) Top 100 invaders in Russia, KMK Scientific press

– Orlova M. , Feniova I. (in press, 2019) *Corbicula fluminea* (O. F. Muller, 1774) Asian clam. In Petrosyan et al (eds.) Top 100 invaders in Russia, KMK Scientific press

– Orlova M. , Feniova I. (in press, 2019) *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), Zebra mussel. In Petrosyan et al (eds.) Top 100 invaders in Russia, KMK Scientific press

– Orlova M. , Feniova I. (in press, 2019) *Arcuatula senhousia* Benson, 1842 Bag mussel. In Petrosyan et al (eds.) Top 100 invaders in Russia, KMK Scientific press

– Orlova M. , Feniova I. (in press, 2019) *Dreissena bugensis* Andrusov, 1897. Quagga mussel In Petrosyan et al (eds.) Top 100 invaders in Russia, KMK Scientific press.

– Orlova M. , Feniova I. (in press, 2019) *Potamopyrgus antipodarum* J.E. Gray, 1843, New Zealand mud snail. In Petrosyan et al (eds.) Top 100 invaders in Russia, KMK Scientific press.

– Jonne Kotta<sup>1\*</sup>, Martyn Futter<sup>2</sup>, Ants Kaasik<sup>1</sup>, Kiran Liversage<sup>1</sup>, Merli Rätsep<sup>1</sup>, Francisco R. Barboza<sup>3</sup>, Lena Bergström<sup>4</sup>, Per Bergström<sup>5</sup>, Ivo Bobsien<sup>3</sup>, EliecerDíaz<sup>6</sup>, Kristjan Herkül<sup>1</sup>, Per R. Jonsson<sup>5,17</sup>, Samuli Korpinen<sup>7</sup>, Patrik Kraufvelin<sup>8</sup>, Peter Krost<sup>9</sup>, Odd Lindahl<sup>10</sup>, Mats Lindegarth<sup>5</sup>, Maren Moltke Lyngsgaard<sup>11</sup>, Martina Mühl<sup>9</sup>, Antonia Nyström Sandman<sup>12</sup>, Helen Orav-Kotta<sup>1</sup>, Marina Orlova<sup>13</sup>, Henrik Skov<sup>14</sup>, Jouko Rissanen<sup>7</sup>, Andrius Šiaulys<sup>15</sup>, Aleksandar Vidakovic<sup>16</sup>, Elina Virtanen<sup>7</sup>. Cleaning up seas using blue growth initiatives: mussel farming for eutrophication control //Science of the Total Environment - An International Journal for Scientific Research into the Environment and its Relationship with Humankind. ISSN: 0048-9697.

Доклады на конференциях и рабочих совещаниях

1. Бубличенко Ю.Н., Бубличенко А.Г. Чужеродные виды наземных позвоночных животных региона Финского залива. – Научно-практическая конференция по изучению природы и культурно-исторического наследия Кингисеппского района Ленинградской области «Мой край». СПб. СПбНЦ РАН. 26.11. 2019 (Рис. 8.22, 8.23).



Рисунок 8.22 – Чужеродные виды наземных позвоночных животных региона Финского залива

**ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ (PERVASIVE SPECIES)  
НАЗЕМНЫХ ЖИВОТНЫХ:**

- Инвазивные (invasive species) – виды, ареал которых изначально находился за пределами рассматриваемой территории; в большинстве случаев – это преднамеренно или случайно интродуцированные виды
- Аборигенные виды, чьи популяции стали стремительно расти и расширять границы ареала

(E.Sarat etc., 2015)





Количественный и видовой состав фауны региона Балтийского моря в последние десятилетия заметно меняется в связи

- с изменением климата,
- антропогенной трансформацией околоводных ландшафтов,
- интенсивным береговым строительством,
- усилением фактора беспокойства,
- преднамеренной или случайной интродукцией и т.д.

Какие из этих причин определяют появление и закрепление на территории новых видов, или это комплекс причин, обусловленный как перечисленными выше абиотическими, так и биологическими факторами

- например, «сбой» миграционного поведения птиц на фоне изменения ландшафтных направляющих путей миграции или исчезновение привычных миграционных стоянок?

Эти и другие вопросы должен решить последующий комплексный экологический мониторинг водных и прибрежных экосистем.

Рисунок 8.23 – Район исследований и причины изменений фауны региона

2. Орлова М.И. Виды-вселенцы в восточной части Финского залива: обновление сведений в процессе выполнения проекта РО18-5330 – Научно-практическая конференция по изучению природы и культурно-исторического наследия Кингисеппского района Ленинградской области «Мой край». СПб. СПбНЦ РАН. 26.11. 2019 (Рис. 8.24, 8.25).

**Виды-вселенцы в  
восточной части  
Финского залива:  
обновление сведений в  
процессе выполнения  
проекта РО18-5330**

“Мой край” – научно-практическая конференция  
по изучению природы и культурно-исторического наследия  
Кингисеппского района Ленинградской области в 2019 году  
26 ноября 2019 г.

Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук, Малый зал

**Орлова Марина Ивановна, д.б.н., СПБНЦ  
РАН, ЗИН РАН**

Marina.orlova2012@gmail.com



**Обследованные участки и  
локальности, горячие  
точки**

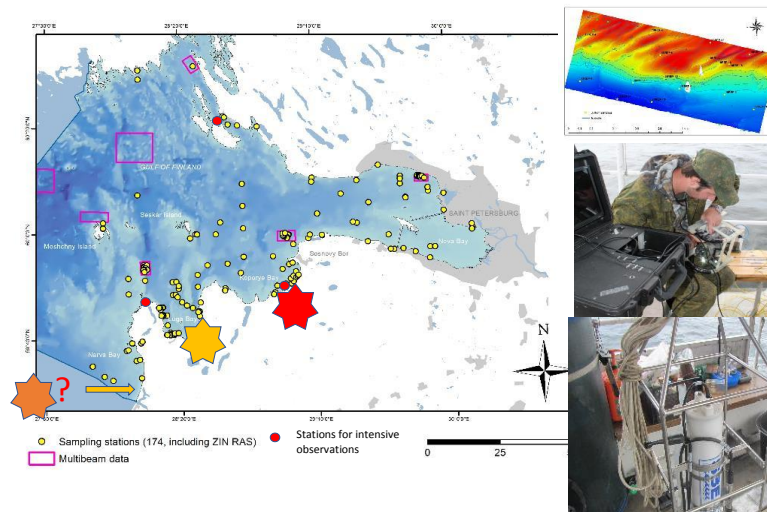


Рисунок 8.24 – Инвазийные водные организмы в Кингисеппском районе

**Разнообразие чужеродных видов ВЧФЗ по результатам полевых работ 2019 г., анализа открытых источников**

**ВСЕГО: 90**

Из них:

**ВОДНЫЕ ОРГАНИЗМЫ** (в порядке убывания)

Водные беспозвоночные - 35

Микроводоросли и цианопрокариоты - 16

Рыбы - 10

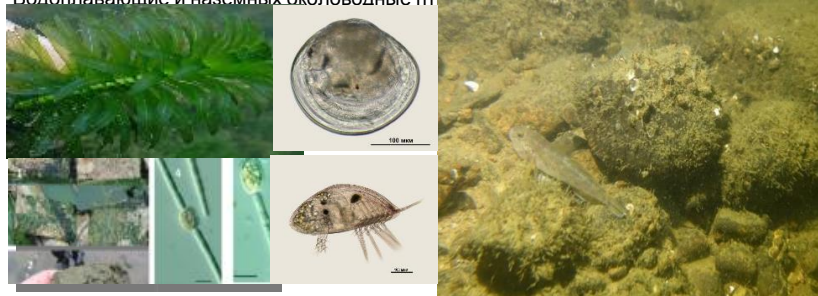
Водные сосудистые растения (погруженные и полупогруженные) и макроводоросли - 6

Амфибии - 1

**СВЯЗАННЫЕ С ВОДНОЙ СРЕДОЙ НАЗЕМНЫЕ ОРГАНИЗМЫ**

Наземные околководные растения - 13

Водоплавающие и наземные околководные птицы - 5



**Это когда-нибудь в Финском заливе закончится?**



Рисунок 8.25 – Факторы, способствующие новым вселениям инвазийных видов

## 8.2 Влияние природопользования на природные экосистемы Северо-Запада России

8.2.1 Разработка научных основ оценки и нормирования антропогенного воздействия на водоемы Северо-Запада России в условиях экологического стресса и колебаний климата

Цели и задачи проекта: определение особенностей различных форм антропогенного воздействия, приводящих к деградации водных экологических систем в условиях Северо-Запада: эвтрофирования, загрязнения вод, дноуглубительные и

грунтонамывные работы, вселение чужеродных видов; разработка система оценки и нормирования антропогенного воздействия на водоемы Северо-запада России с помощью биологических маркеров. Создание послойного интерактивного фактографического описания распределения основных группировок водных и наземных организмов в пространстве разнопланового взаимодействия различных видов природопользования для повышения эффективности управленческих решений при планировании природопользования и охраны природы.

В рамках данного проекта в 2019 году опубликовано 8 научных статей, 1 статья находится в печати.

Публикации:

1. Ryabchuk D., Orlova M., Kaskela A., Kotolainen A., Sergeev A., Sukhacheva L., Zhamoida V., Budanov L. (2019) Chapter 15. The eastern Gulf of Finland – brackish water estuary under natural conditions and anthropogenic stress. In Harris P., Backer E. (eds.) GeoHab Atlas of Seafloor Geomorphology and Benthic Habitat: Second edition, Amsterdam, Oxford (UK), Cambridge (US) Elsevier, PP 281-302
2. Ryabchuk D., Orlova M., Sergeev A., Kaskela A., Kotilainen A., Zhamoida V., Budanov L., Neevin I., Sukhacheva L. The eastern Gulf of Finland (Baltic Sea) landscapes – brackish water estuary under natural conditions and anthropogenic stress. Book of Abstracts, GeoHab 2019 Marine Geological and Biological Mapping, Saint-Petersburg, Russia, May 13-17, 2019, VSEGEI Press, St-Petersburg, PP. 179-180
3. Orlova M., Ryabchuk D., Ezhova E., Evdokimenko A., Neevin I., Kobik L., Sukhacheva L., Bubnova E., Budanov L<sup>3</sup>, Kocheshkova O., Krek A., Molchanova N., Sergeev A., Zhamoida V., Case studies of geo- and biodiversity of underwater landscapes in the eastern Gulf of Finland (Baltic Sea): is anything interesting across three brackishwater lightless areas? Book of Abstracts, GeoHab 2019 Marine Geological and Biological Mapping, Saint-Petersburg, Russia, May 13-17, 2019, VSEGEI Press, St-Petersburg, PP. 148-149
4. Neevin I., Zhamoida V., Ezhova E., Orlova M., Ryabchuk D., Kobik L., Sergeev A., Molchanova N., Kocheshkova O., Krek A., Krechik V. Submarine landscapes of gas-saturated sediment fields of the Eastern Gulf of Finland (Baltic Sea). Book of Abstracts, GeoHab 2019 Marine Geological and Biological Mapping, Saint-Petersburg, Russia, May 13-17, 2019, VSEGEI Press, St-Petersburg, PP. 142-143
5. Kobik L., Ryabchuk D., Orlova M., Ezhova E., Sergeev A., Zhamoida V., Molchanova N., Kocheshkova O., Krek A., Kretchik V. Benthic landscape mapping of submerged end-moraine ridge slope in Vyborg Bay (Eastern Gulf of Finland, Baltic Sea) based on

multibeam echosounder dataset. Book of Abstracts, GeoHab 2019 Marine Geological and Biological Mapping, Saint-Petersburg, Russia, May 13-17, 2019, VSEGEI Press, St-Petersburg, PP. 108-109

6. Evdokimenko A., Zhamoida V., Ezhova E., Orlova M., Ryabchuk D., Sergeev A., Kobik L., Molchanova N., Kocheshkova O., Krek A., Bubnova E. Submarine landscapes of shallow-water Fe-Mn concretions fields of the Eastern Gulf of Finland (Baltic Sea). Book of Abstracts, GeoHab 2019 Marine Geological and Biological Mapping, Saint-Petersburg, Russia, May 13-17, 2019, VSEGEI Press, St-Petersburg, PP. 56-57
7. Ryabchuk D., Orlova M., Kaskela A., Kotolainen A., Sergeev A., Sukhacheva L., Zhamoida V., Budanov L. (2019) Chapter 15. The eastern Gulf of Finland – brackish water estuary under natural conditions and anthropogenic stress. In Harris P., Backer E. (eds.) GeoHab Atlas of Seafloor Geomorphology and Benthic Habitat: Second edition, Amsterdam, Oxford (UK), Cambridge (US) Elsevier, PP 281-302 (См. Аннотацию выше).
8. Evdokimenko Anton, Zhamoida Vladimir, Ezhova Elena, Orlova Marina, Ryabchuk Daria, Sergeev Alexander, Kobik Luibov, Molchanova Natalia, Kocheshkova Olga, Krek Alexander, Bubnova Ekaterina, Karpinsky A. P. Annual conference Geohab 2019 Marine geological and biological habitat mapping. Russia, St. Petersburg, May 13–17, 2019, p. 59-60

В статьях приведены данные, полученные в период исследований 2012-2018 гг. в восточной части Финского залива Балтийского моря, которые были проведены с целью выявления структуры и факторов, формирующих бентосные ландшафты. Широкомасштабные геологические, экологические и биологические (макрозообентосные) данные были собраны с помощью методов дистанционного зондирования и геологических и биологических полевых работ и обработаны с помощью многомерной статистики. Результатом работ стала серия карт ГИС, включающая карты морского ландшафта, основанные на соответствующих переменных среды и бентосных сообществах. Гидрооптические и гидрологические условия в сочетании с соленостью и топографией определяют текущее пространственное распределение девяти основных бентосных ландшафтов в восточной части Финского залива. Анализ геологических данных (например, данных многолучевого, обратного рассеяния и гидролокатора бокового обзора) и точно собранных образцов макрозообентоса в трех ключевых участках, расположенных в разных частях российского сектора восточной части Финского залива, позволил составить подробные карты морских бентосных местообитаний. Результаты

иллюстрируют важность гидрооптических условий, а также глубину и тип субстрата для микромасштабного распределения макрозообентоса. В макрозообентосе преобладают инвазийные виды эврибионтов, пространственно распределенные по территории в соответствии с их экологическими требованиями и чувствительностью к спорадическим природным и антропогенным воздействиям.

#### 8.2.2 Влияние природопользования на околоводную и морскую фауну позвоночных животных малонарушенных и трансформированных экосистем прибрежных территорий Северо-Запада России (Финский залив, Ладожское озеро)

Цели и задачи проекта: повышение эффективности управленческих решений при планировании природопользования и охраны природы за счет создания специализированных баз данных и рабочих инструментов, основанных на всесторонней и современной информации о состоянии прибрежных фаунистических сообществ и популяций отдельных видов, окружающей среды в целом и влиянии морской деятельности.

В рамках данного проекта в 2019 году опубликовано 2 научные статьи, 3 статьи находятся в печати, полученные данные представлены в виде 3 докладов на семинарах, научных конференциях и рабочих совещаниях; полученные результаты обсуждались на расширенном заседании Объединенного научного совета «Экология и природные ресурсы», посвященном влиянию действующих портов на экосистему Финского залива.

Публикации:

1. Веревкин М. В., Юсси М., Николлс К. Состояние популяции и характер использования акватории Финского залива балтийской кольчатой нерпой. Материалы XX Международного экологического форума «День Балтийского моря», Санкт-Петербург 2019, стр.158-165 (см. выше)

Веревкин М.В., Юсси М., Николлс К. «Состояние популяции и характер использования акватории Финского залива балтийской кольчатой нерпой.» в журнале «Окружающая среда Санкт-Петербурга» №4 (14) декабрь 2019 г. стр. 70-73 (см. выше).

Доклады на конференциях и рабочих совещаниях

1. Бубличенко Ю.Н. Птицы и пластик: современная ситуация в российском секторе Финского залива Балтийского моря. Международный семинар «Птицы и пластик». Москва. 12-14 ноября 2019 г. (Рис. 8.26, 8.27).





- Нет комплексных исследований, касающихся проблем мусора в Бальном море
- Отдельные полевые исследования у побережья Швеции показали, наличие микропластика и крупного пластикового мусора могут представлять угрозу для морской биоты (HELCOM, 2007d)
- Происхождение пластикового мусора - судоходство; рыболовство; прибрежные урбанизированные территории и реки
- Исследования на морских побережьях во всех странах Балтики концентрируются в основном на пластиковом мусоре крупных и средних размеров на сильно загрязненных участках береговой полосы шириной более 100 м (HELCOM 2007d).
- По неизвестным причинам, наиболее значительные концентрации микропластика обнаружены в Ботническом заливе, тогда как в других районах Балтики эти показатели значительно ниже (HELCOM, 2010).

- Ежегодно около 1,500 т пластикового мусора попадает в воду только из Санкт-Петербурга.
- Предполагается, что эти цифры значительно занижены, и концентрация пластиковых частиц в акватории Финского залива значительно выше ожидаемых.
- Частицы микропластика могут проходить сквозь очистные сооружения Водоканала и попадают в воды ФЗ и в питьевую воду города (данные института Озероведения РАН и РГМУ, 2019)

| вид                         | Находки пластика в гнезде (вблизи гнезда) | Погобишие птицы (заглота или запутавшиеся п |
|-----------------------------|---|---|
| <i>Gavia arctica</i>        | -   | +   |
| <i>Phalacrocorax carbo</i>  | +++                                       | +   |
| <i>Anas platyrhynchos</i>   | +   | ?   |
| <i>A. crecca</i>            | -   | ?   |
| <i>Aythya fuligula</i>      | +   | +   |
| <i>Mergus merganser</i>     | ?   | ?   |
| <i>M. serrator</i>          | +   | +   |
| <i>Somateria mollissima</i> | +   | ?   |
| <i>Anser anser</i>          | -   | -   |
| <i>Cygnus olor</i>          | +   | -   |
| <i>Larus ridibundus</i>     | +   | ?   |
| <i>Larus ridibundus</i>     | -   | ?   |
| <i>L. argentatus</i>        | ++  | +   |
| <i>L. fuscus</i>            | +   | ?   |
| <i>Uria aalge</i>           | +   | ?   |
| <i>Alca torda</i>           | +   | ?   |

Рисунок 8.26 – Птицы и пластик: современная ситуация в российском секторе Финского залива Балтийского моря

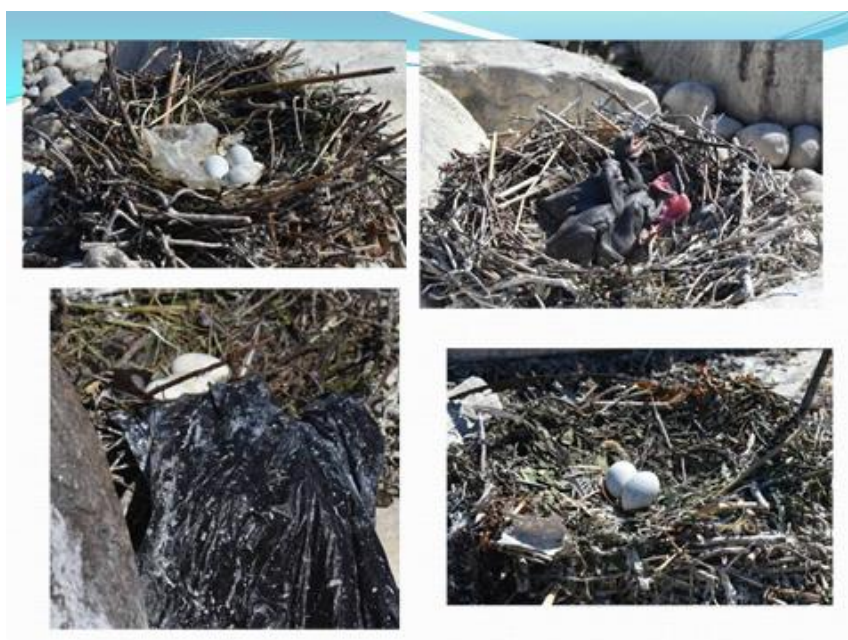




Рисунок 8.27 – Птицы и пластиковый мусор

2. Веревкин М.В. «О проблемах охраны морских млекопитающих в Санкт-Петербурге». Заседание Экологического совета Санкт-Петербурга 30 сентября 2019г. Протокол заседания № 3 -2019 (Рис. 8.28, 8.29).

**Два вида тюленей обитает в восточной части бассейна Балтийского моря**

Балтийский серый тюлень  
(*Halichoerus grypus*)



Кольчатая нерпа  
(*Pusa hispida*)





## Два подвида кольчатой нерпы

Балтийская кольчатая нерпа

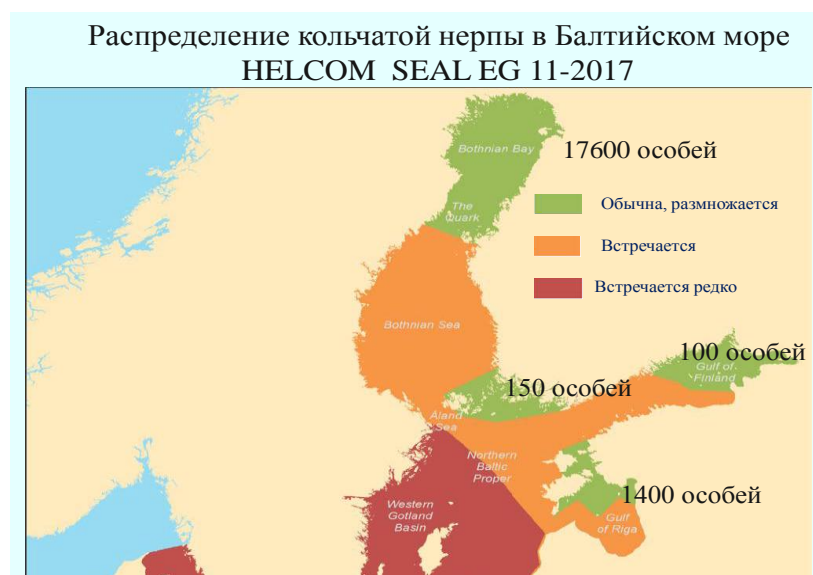
*(Pusa hispida botnica)*

Ладожская кольчатая нерпа

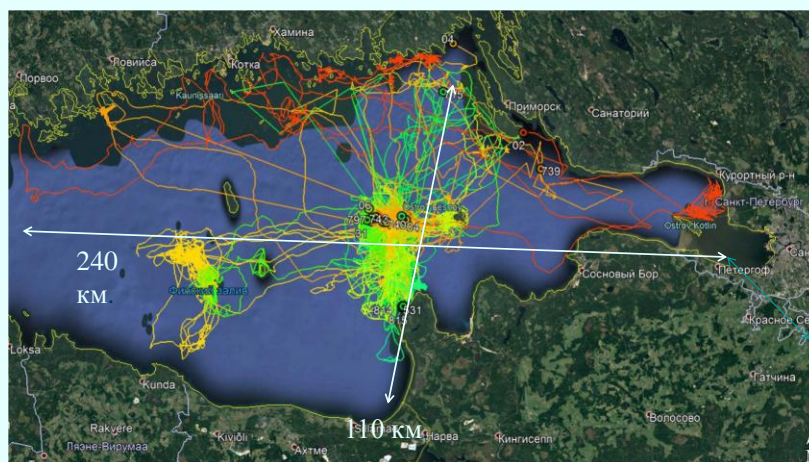
*(Pusa hispida ladogensis)*



Рисунок 8.28 – Виды тюленей и кольчатой нерпы



### Использование акватории Финского залива балтийской кольчатой нерпой



### Основные риски для ластоногих Балтийского региона

#### Увеличение антропогенной нагрузки.

Усиление фактора беспокойства.  
Гибель в рыболовецких сетях.  
Увеличение трафика крупнотоннажных судов и возможность катастроф с разливом нефти.  
Теплые зимы и сокращение площади ледяных полей пригодных для размножения с усилением пресса хищников и фактора беспокойства

Для балтийской кольчатой нерпы: крайне низкая численность  
Для ладожской кольчатой нерпы: изолированный ареал подвида

Рисунок 8.29 – Распределение ластоногих в Балтийском регионе и основные риски

Мероприятия:

1. Подготовка и проведение расширенного заседания Объединенного научного совета «Экология и природные ресурсы», посвященная влиянию действующих портов на экосистему Финского залива. (18 февраля 2019 г.)

Новые научные направления Совета:

Среди научных проектов СПбНЦ РАН есть отдельные направления исследований, которые не вписываются в существующие ныне ФЦП или Стратегии РФ, однако они не менее важны и актуальны, чем перечисленные выше. Так, например, совместно с сотрудниками НИЦЭБ РАН ведутся научные работы, направленные на изучение повышения экологической эффективности систем обращения с твердыми коммунальными отходами в России и других странах.

Публикации:

1. Венцюлис Л.С., Воронов Н.В., Быстрова Н.Ю. Экологическая эффективность системы обращения с твёрдыми коммунальными отходами в республике Эстония. Сборник материалов XX Международного экологического форума «День Балтийского моря». СПб, 21-22 марта 2019 г.с. 68-72. ББК 28.68
2. Венцюлис Л.С., Быстрова Н.Ю. Экологическая эффективность систем обращения с твердыми коммунальными отходами в Швеции. Журнал «Региональная экология». №2. 2019. УДК 504.054, DOI 10.30694/1026-5600. С.87-92

Приведенные в статьях данные о проблемах, связанных с образованием, обезвреживанием и переработкой отходов производства и потребления, актуальны практически для всех регионов и крупных городов Российской Федерации, однако они имеют и региональную специфику.

На территории Российской Федерации существует весьма небольшое количество полигонов для захоронения отходов производства и потребления, отвечающих современным нормативным требованиям. На многих объектах размещения отходов не осуществляется экологический мониторинг их воздействия на состояние окружающей природной среды, в том числе их влияния на здоровье человека. Недостаточное внимание к проблеме отходов привело к образованию многочисленных стихийных свалок вблизи большинства населенных пунктов и, соответственно, возникновению экологических проблем.

В общий поток бытовых отходов попадают и отходы высоких классов опасности, которые образуются в результате жизнедеятельности населения или предприятий малого бизнеса – люминесцентные лампы, автомобильные аккумуляторы, использованные батарейки, лекарственные препараты. Очевидно, что при неправильном и несвоевременном удалении и обезвреживании отходы могут в опасной степени загрязнять окружающую природную среду.

В настоящее время в России отсутствуют сколько-нибудь объективные методы оценки качества и контроля работ технологического цикла обращения с отходами. Во многих регионах управление и контроль в сфере отходов производства и потребления либо отсутствует, либо является бессистемным и хаотичным.

Для контроля процесса обращения с отходами необходим регулярный мониторинг, включающий в себя контроль объемов образующихся отходов, контроль их морфологического состава, контроль потоков отходов. Необходимы также единый системный подход и определенная периодичность оценки.

Действующая в Российской Федерации нормативно-правовая база по обращению с отходами недостаточна по существу, а составляющие её документы нередко противоречивы.

Для эффективного обезвреживания отходов необходимы технологии, наносящие минимальный экологический ущерб окружающей природной среде, имеющие низкие капитальные затраты и, в оптимальном варианте, позволяющие получать прибыль. Разнообразие компонентов ТКО по химическому составу не позволяет создать универсальную технологию их утилизации. В настоящее время в мировой и отечественной практике используются различные методы обезвреживания и переработки отходов, которые можно разделить на 2 группы: индустриальные (сжигание, компостирование, сортировка и комбинированные методы) и почвенные методы обезвреживания ТКО (захоронение на полигонах).

В приведенных выше статьях проведено сравнение методов обезвреживания и переработки отходов в России, Эстонии и Швеции.

Актуальность исследований обусловлена насущной потребностью реального сектора экономики и органов государственной власти в определении будущих глобальных трендов развития, а также выявлении конкурентных преимуществ России.

Работы пополнят арсенал методов прогнозирования и расширят возможности независимых оценок, в том числе и по альтернативным основаниям.

Таким образом, по результатам научно-исследовательских работ, организованных в рамках деятельности Объединенного научного совета «Экология и природные ресурсы», в 2019 году было опубликовано 14 научных статей, еще 13 статей поданы в печать, руководители представленных научно-исследовательских проектов представили 11 докладов на конференциях, съездах, рабочих совещаниях и т.д. Объединенный научный совет «Экология и природные ресурсы» принял участие в организации 10 научных конференций в одном мероприятии, направленном на экологическое образование школьников ленинградской области.

Общий список публикаций научных сотрудников Объединенного научного Совета «Экология и природные ресурсы» в 2019 году:

1. Бубличенко А.Г., Бубличенко Ю.Н. История формирования и современное состояние приморских ООПТ Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-

- практической конференции «Особо охраняемые природные территории: прошлое, настоящее, будущее». Стр. 181-186. Научные труды Национального парка «Хвалынский»: сборник научных статей. – Саратов – Хвалынский: ООО «Амирит», 2019. – Вып. 11. – 316 с. ISBN 978-5-00140-350-0
2. Венцюлис Л.С., Воронов Н.В., Быстрова Н.Ю. Экологическая эффективность системы обращения с твёрдыми коммунальными отходами в республике Эстония. Сборник материалов XX Международного экологического форума «День Балтийского моря». СПб, 21-22 марта 2019 г.с. 68-72. ББК 28.68
  3. Венцюлис Л.С., Быстрова Н.Ю. Экологическая эффективность систем обращения с твердыми коммунальными отходами в Швеции. Журнал «Региональная экология». №2. 2019. УДК 504.054, DOI 10.30694/1026-5600. С.87-92
  4. Веревкин М. В., Юсси М., Николлс К. Состояние популяции и характер использования акватории Финского залива балтийской кольчатой нерпой. Материалы XX Международного экологического форума "День Балтийского моря", Санкт-Петербург 2019. С.158-165
  5. М.В. Веревкин, М. Юсси, К. Николлс. «Состояние популяции и характер использования акватории Финского залива балтийской кольчатой нерпой.» в журнале «Окружающая среда Санкт-Петербурга» №4 (14) декабрь 2019 г. С. 70-73
  6. Jüssi Mart, Verevkin Mikhail. Ringed Seal in the Gulaf of Finland//The World Marine Mammal Conference in Barcelona, Catalonia, Spain. 2019. P. 9-12
  7. Ryabchuk D., Orlova M., Kaskela A., Kotolainen A., Sergeev A., Sukhacheva L., Zhamoida V., Budanov L. (2019) Chapter 15. The eastern Gulf of Finland – brackish water estuary under natural conditions and anthropogenic stress. In Harris P., Backer E. (eds.) GeoHab Atlas of Seafloor Geomorphology and Benthic Habitat: Second edition, Amsterdam, Oxford (UK), Cambridge (US) Elsevier, PP 281-302
  8. Ryabchuk D., Orlova M., Sergeev A., Kaskela A., Kotilainen A., Zhamoida V., Budanov L., Neevin I., Sukhacheva L. The eastern Gulf of Finland (Baltic Sea) landscapes – brackish water estuary under natural conditions and anthropogenic stress. Book of Abstracts, GeoHab 2019 Marine Geological and Biological Mapping, Saint-Petersburg, Russia, May 13-17, 2019, VSEGEI Press, St-Petersburg, PP. 179-180
  9. Orlova M., Ryabchuk D., Ezhova E., Evdokimenko A., Neevin I., Kobik L, Sukhacheva L., Bubnova E., Budanov L<sup>3</sup>, Kocheshkova O, Krek A., Molchanova N.,

- Sergeev A., Zhamoida V., Case studies of geo- and biodiversity of underwater landscapes in the eastern Gulf of Finland (Baltic Sea): is anything interesting across three brackishwater lightless areas? Book of Abstracts, GeoHab 2019 Marine Geological and Biological Mapping, Saint-Petersburg, Russia, May 13-17, 2019, VSEGEI Press, St-Petersburg, PP. 148-149
10. Neevin I., Zhamoida V., Ezhova E., Orlova M., Ryabchuk D., Kobik L., Sergeev A., Molchanova N., Kocheshkova O., Krek A., Krechik V. Submarine landscapes of gas-saturated sediment fields of the Eastern Gulf of Finland (Baltic Sea). Book of Abstracts, GeoHab 2019 Marine Geological and Biological Mapping, Saint-Petersburg, Russia, May 13-17, 2019, VSEGEI Press, St-Petersburg, PP. 142-143
  11. Kobik L., Ryabchuk D., Orlova M., Ezhova E., Sergeev A., Zhamoida V., Molchanova N., Kocheshkova O., Krek A., Kretchik V. Benthic landscape mapping of submerged end-moraine ridge slope in Vyborg Bay (Eastern Gulf of Finland, Baltic Sea) based on multibeam echosounder dataset. Book of Abstracts, GeoHab 2019 Marine Geological and Biological Mapping, Saint-Petersburg, Russia, May 13-17, 2019, VSEGEI Press, St-Petersburg, PP. 108-109
  12. Evdokimenko A., Zhamoida V., Ezhova E., Orlova M., Ryabchuk D., Sergeev A., Kobik L., Molchanova N., Kocheshkova O., Krek A., Bubnova E. Submarine landscapes of shallow-water Fe-Mn concretions fields of the Eastern Gulf of Finland (Baltic Sea). Book of Abstracts, GeoHab 2019 Marine Geological and Biological Mapping, Saint-Petersburg, Russia, May 13-17, 2019, VSEGEI Press, St-Petersburg, PP. 56-57
  13. Ryabchuk D., Orlova M., Kaskela A., Kotolainen A., Sergeev A., Sukhacheva L., Zhamoida V., Budanov L. (2019) Chapter 15. The eastern Gulf of Finland – brackish water estuary under natural conditions and anthropogenic stress. In Harris P., Backer E. (eds.) GeoHab Atlas of Seafloor Geomorphology and Benthic Habitat: Second edition, Amsterdam, Oxford (UK), Cambridge (US) Elsevier, PP 281-302 (См. Аннотацию выше).
  14. Evdokimenko Anton, Zhamoida Vladimir, Ezhova Elena, Orlova Marina, Ryabchuk Daria, Sergeev Alexander, Kobik Luibov, Molchanova Natalia, Kocheshkova Olga, Krek Alexander, Bubnova Ekaterina, Karpinsky A. P.. Annual conference Geohab 2019 Marine geological and biological habitat mapping. Russia, St. Petersburg, May 13–17, 2019, p. 59-60

Выступления на конференциях, съездах, рабочих совещаниях и т.д. руководителей представленных научно-исследовательских проектов за 2019 г.

1. Бубличенко А.Г., Бубличенко Ю.Н. История формирования и современное состояние приморских ООПТ Санкт-Петербурга и Ленинградской области. - VI Международная научно-практическая конференция «Особо охраняемые природные территории: прошлое, настоящее, будущее». Саратов-Хвалынский. 17-19.10.2019
2. Бубличенко Ю.Н. Птицы и пластик: современная ситуация в российском секторе Финского залива Балтийского моря. Международный семинар «Птицы и пластик». Москва. 12-14 ноября 2019.
3. Бубличенко Ю.Н., Бубличенко А.Г. Чужеродные виды наземных позвоночных животных региона Финского залива. – Научно-практическая конференция по изучению природы и культурно-исторического наследия Кингисеппского района Ленинградской области «Мой край». СПб. СПбНЦ РАН. 26.11. 2019.
4. Вережкин М. В., Юсси М., Николлс К. Состояние популяции и характер использования акватории Финского залива балтийской кольчатой нерпой. Материалы XX Международного экологического форума "День Балтийского моря", Санкт-Петербург 21 -22 марта 2019г.
5. Вережкин М.В. «О проблемах охраны морских млекопитающих в Санкт-Петербурге». Заседание Экологического совета Санкт-Петербурга 30 сентября 2019г. Протокол заседания № 3 -2019
6. Вережкин М.В., Юсси М. Использование акватории Финского залива балтийской кольчатой нерпой. Научно-практическая конференция «Мой край». СПбНЦ РАН. СПб. 26 ноября 2019 г.
7. Орлова М.И. Виды-вселенцы в восточной части Финского залива: обновление сведений в процессе выполнения проекта РО18-5330 – Научно-практическая конференция по изучению природы и культурно-исторического наследия Кингисеппского района Ленинградской области «Мой край». СПб. СПбНЦ РАН. 26.11. 2019.
8. Сендек Д.С. Промежуточный отчет о выполнении НИР по договору НИР №РО18-5331 от 12.02.2019 «Изучение внутривидового биоразнообразия обыкновенного сига *Coregonus lavaretus sensu lato*, обитающего вблизи островов открытой части Восточной части Финского Балтийского моря и материкового побережья и представленного устойчивыми экологическими группировками, с целью выяснения

таксономического статуса данных экоформ и оценки воздействия на них различных антропогенных факторов (период открытой воды 2019 и 2020 гг.)»

9. Сендек Д.С. «Пополнение запасов европейского угря как мера восстановления вымирающих видов и сохранения природного разнообразия»: доклад о ходе выполнения российско-эстонского проекта “ESTRUSEEL” в рамках программы приграничного сотрудничества между Россией и Эстонией на юбилейном научном семинаре «Кафедре ихтиологии и гидробиологии 90 лет». СПб. СПбГУ. 06.12.2019 г.
10. Титов С.Ф., Сендек Д.С. Промежуточный отчет по Российско-Эстонскому проекту “ESTRUSEEL” ER80
11. Mart Jüssi, Mikhail Verevkin: Findings from the ongoing study of ringed seals' habitat use in the Gulf of Finland. The Gulf of Finland Science Days Helsinki. 2019

Семинары и конференции, организованные Объединенным научным советом «Экология и природные ресурсы» и при содействии Совета (в составе Оргкомитетов конференций):

1. Подготовка и проведение расширенного заседания Объединенного научного совета «Экология и природные ресурсы», посвященная влиянию действующих портов на экосистему Финского залива. (18 февраля 2019 г.)
2. Организации и проведение ежегодной Всероссийской молодежной экологической конференции «Вода – источник жизни на Земле» - 26 марта 2019 г.
3. Подготовка и проведение расширенного заседания Объединенного научного совета «Экология и природные ресурсы» совместно с экспертами контракта EP 55 ADRIENNE Project 5 июня 2019 г.
4. Подготовка и проведение Научно-практической конференции по изучению природы и культурно-исторического наследия Кингисеппского района Ленинградской области «Мой край». - 26.11. 2019.
5. Организация и проведение научно-практических конференций совместно с ООО «ДискавериМед» (в области медицины и генетики человека):
  - 5.1 X научно-практическая конференция, посвященная памяти профессора М.Г. Романцова «Грипп и другие респираторные инфекции: алгоритмы профилактики, диагностики и лечения с симпозиумом «Бронхолегочные осложнения гриппа и ОРВИ». 01 февраля 2019 г.
  - 5.2 X научно-практическая конференция по патологии шейки матки. «Шейка матки: диагностика, профилактика, лечение». 14 февраля 2019 г.



5.3 X научно-практическая конференция «Рациональная фармакотерапия в практике терапевта» с симпозиумом «Болезни органов дыхания». 01 марта 2019 г.

5.4 X научно-практическая конференция «Рациональная фармакотерапия в практике терапевта» с симпозиумом «Болезни органов дыхания». 12 марта 2019

5.5 XI научно-практическая конференция «Актуальные вопросы неврологии» с симпозиумом «Нейропротекция при заболеваниях ЦНС». 12 апреля 2019 г.

5.6 Междисциплинарная научно-практическая конференция «Репродуктивное здоровье населения: реалии и перспективы». 25 апреля 2019 г.

Образовательная деятельность:

Организация и проведение научно-популярных лекций для учащихся средних школ г. Кингисепп Ленинградской области «Об уникальной особо охраняемой природной территории в Кингисеппском районе, ее флоре и фауне, а также о редком млекопитающем, занесенном в Красную книгу – балтийской кольчатой нерпе» (при поддержке АО «Ростерминал уголь». Исполнитель: н.с. СПбНЦ РАН М.В. Веревкин). 13 декабря 2019 г. (Рис. 8.30).



Рисунок 8.30 – Лекция «Особо охраняемая природная территория в Кингисеппском районе»

Ссылки на материал об экоуроках:

1. <http://rtuport.ru/media-tsentr/novosti/37/1138/>
2. <https://www.rzd-partner.ru/other/news/ao-rosterminalugol-provelo-ekologicheskie-uroki-v-shkolakh/>
3. <http://morvesti.ru/detail.php?ID=81794>
4. <http://www.transportweekly.com/pages/ru/news/articles/156771/>

## **9 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области гуманитарных и общественных наук**

В 2019 году в рамках государственного задания по теме «Разработка теории трансформации научно-инновационного пространства Санкт-Петербурга в контексте инновационного развития российской экономики с учетом теоретико-методологических основ устойчивого технологического развития региона на основе инновационно-инвестиционной деятельности и воспроизводства и формирования научно-образовательного потенциала Санкт-Петербурга» были продолжены работы по разделу 9 «Гуманитарные и общественные науки» Программы перспективных направлений развития в Санкт-Петербурге фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года, разработанной СПбНЦ РАН. Одним из проектов раздела является проект 9.1.1 «Трехвековая история становления и развития науки в Санкт-Петербурге: когнитивные, социально-культурные, институциональные и биографические аспекты». Среди задач исследования в 2019 году было изучение публикационной активности российских ученых.

Одна из целей Национального проекта «Наука» – вхождение России к 2024 г. в число пяти ведущих стран мира, осуществляющих научные исследования и разработки в областях, определяемых приоритетами научно-технологического развития. По удельному весу в общем числе статей в изданиях, индексируемых в международных информационных базах, в 2018–2020 гг. Россия должна занимать 11-е место, в 2021 – 10-е, в 2022 – 8-е, в 2023 – 6-е, в 2024 г. – 5-е место. В 2018 г. место Россия по научным публикациям, включенным в международную информационную базу Scopus, действительно занимала одиннадцатое место. Однако для того, чтобы выдержать этот темп и занять в 2024 г. пятое место, российским ученым нужно приложить большие усилия.

Для изучения проблемы нами рассматривались некоторые аспекты, связанные с оценкой публикаций российских ученых, индексируемых в базе Scopus за 1996–2018 гг.: были выявлены страны-лидеры по количеству публикаций; определены публикации России и ее ключевых партнеров по 27 предметным областям, по трем из которых они рассмотрены более подробно, по направлениям исследований; выделены публикации российских ученых в соавторстве с зарубежными; проведен анализ рейтинга научных организаций по показателю индекса сотрудничества.

Основные результаты, полученные в ходе проведенных исследований, содержатся в трех статьях, еще одна статья подготовлена к публикации. Кроме того, полученные результаты были представлены в докладах на трех научных конференциях. В конечном счете, все задачи, поставленные на этапе 2019 года, выполнены полностью.

### **9. 1 Обзор состояния проблемы, ее актуальность**

В последние годы появилось много статей, посвященных публикационной активности российских ученых [1–10]. Результаты исследований, наиболее близких к тем, которые проводились нами, отражены в публикациях, отмеченных ниже.

Выбору направлений научно-технического сотрудничества России посвящена статья, подготовленная на базе Web of Science (WoS) [11]. В ней приводится специализация 25 стран, в том числе России, на период 2003–2013 гг. по 28 дисциплинам. При этом используется индекс научной специализации страны (ИНС), предложенный Л.М. Гохбергом [12]. ИНС страны равен отношению удельного веса публикаций по области наук к общему объему публикаций страны, а затем к аналогичному показателю мирового потока публикаций. В этой же статье называются ключевые партнеры России по совместным публикациям: США, Германия, Франция, Великобритания. Еще одна статья посвящена определению приоритетов научно-технологического сотрудничества стран БРИКС [13]. Она выполнена на материалах базы данных Scopus за 2011–2015 гг., в ней, в числе прочих показателей, даются ИНС России.

В статье «Россия в мировом массиве научных публикаций» [14] на базе исследований по информационной базе Web of Science представлено место России в общемировом массиве публикаций по 132 дисциплинам за 1993–2000 гг. и 2010–2017 гг. Выделены 39 областей знаний, по которым российские публикации входят в число первых 10 стран, из них 8 направлений, в которых Россия включена в 5 стран-лидеров. Основной показатель, по которому оценивались научные направления России, это доля в мировом потоке публикаций в 2,44%, которую обозначил Президент РФ в Указе от 7 мая 2012 г.

В нашем исследовании используется информационная база Scopus, в которой в настоящее время содержатся данные о количестве публикаций и их отраслевой структуре по странам мира за 1996–2018 гг. Для выделения отраслевой структуры российских публикаций применяются данные о количестве публикаций и месте России в мировом научном потоке в данной предметной области. Сравнение с другими странами в 1996 и 2018 гг. проводится на основе того, что российские публикации принимаются за единицу. Таким образом вычисляются соотношения по 27 предметным областям, по трем из которых рассчитываются более подробные значения.

## 9.2 Страны-лидеры по числу публикаций

В настоящее время организация SCImago подготовила рейтинг публикационной активности стран мира за 1996–2018 гг. Из этого списка мы выбрали несколько ведущих стран с общим числом публикаций и местом в рейтинге (таблица 9.1). За 23 года Россия опустилась с восьмого места на одиннадцатое. В течение ряда лет, с 1997 по 2002 г., Россия занимала девятое место, после чего в течение 2003–2010 гг. наша страна медленно опустилась до шестнадцатого места. В этот период число российских публикаций сильно колебалось. Например, в 2006 г. их было меньше, чем в 2003 г. Только начиная с 2011 г. число российских публикаций начало постоянно расти и Россия постепенно стала подниматься в международном рейтинге стран с 16-го до 11-го места в 2018 г.

Если рассматривать положение стран в сравнении с Россией, то у ряда стран разрыв с Россией сократился. Так, в Великобритании в 1996 г. общее число публикаций было больше, чем в России, в 2,8 раза, а в 2018 г. – в 2,1; во Франции – в 1,8 и в 1,2; в Германии – в 2,4 и в 1,8; в США – в 10,8 и в 6,9 раза, соответственно. В Италии число публикаций выросло больше, чем в России, но незначительно. В 1996 г. публикаций итальянских ученых было в 1,2 раза больше, чем российских, а в 2018 г. их оказалось больше в 1,1 раза, то есть разрыв сократился. Публикации ученых Японии в 1996 г. превышали российские в 2,8 раза, а в 2018 г. – только в 1,3 раза. Число публикаций Испании в 2018 г. оказалось меньше, чем у России.

В других странах наблюдается быстрый рост публикаций. За этот период ряд стран обогнал Россию: в 1997 г. – Китай, в 2003 – Испания и Австралия, в 2005 – Индия, в 2006 г. – Южная Корея. Сейчас конкурентами России являются Испания и Южная Корея, близко находится и Бразилия. Китай увеличил свое число публикаций более чем в 18 раз и поднялся с девятого места на второе. В 2018 г. число китайских публикаций в шесть раз превысило число российских. Индия стала публиковать в восемь раз больше статей. Если в 1996 г. общее число индийских статей составляло лишь 70% от числа российских, то в 2018 г. оно превысило численность российских публикаций в 1,7 раза. Южная Корея в 2018 г. отставала от России, но за 1996–2018 гг. ее публикации превысили число российских статей. С 2004 г. число публикаций Австралии начало преобладать над российскими и в настоящее время составляет им конкуренцию. Бразилия и Нидерланды приближаются к показателям России.

Таблица 9.1 – Рейтинг ведущих стран мира по числу публикаций, индексируемых в Scopus, в 1996–2018 гг.<sup>1</sup>

| Годы      | Россия       | США          | Китай       | Великобритания | Германия    | Япония      | Франция     |
|-----------|--------------|--------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| 1996      | 31989 (8)    | 357538 (1)   | 30758 (9)   | 90009 (3)      | 76696 (4)   | 90590 (2)   | 56333 (5)   |
| 1997      | 32833 (9)    | 358351 (1)   | 36191 (8)   | 95082 (3)      | 84528 (4)   | 97032 (2)   | 60638 (5)   |
| 1998      | 34292 (9)    | 355856 (1)   | 42543 (6)   | 96585 (3)      | 85949 (4)   | 97591 (2)   | 61416 (5)   |
| 1999      | 32974 (9)    | 354399 (1)   | 43587 (6)   | 97303 (3)      | 86075 (4)   | 101040 (2)  | 62410 (5)   |
| 2000      | 34449 (9)    | 369874 (1)   | 51868 (6)   | 105265 (2)     | 89848 (4)   | 104552 (3)  | 63928 (5)   |
| 2001      | 36482 (9)    | 372843 (1)   | 66019 (5)   | 100860 (3)     | 92267 (4)   | 103771 (2)  | 64992 (6)   |
| 2002      | 37225 (9)    | 396004 (1)   | 68430 (5)   | 104976 (3)     | 95543 (4)   | 107091 (2)  | 67168 (6)   |
| 2003      | 36640 (11)   | 431318 (1)   | 81906 (5)   | 116093 (2)     | 102600 (4)  | 112609 (3)  | 72289 (6)   |
| 2004      | 37666 (11)   | 465164 (1)   | 117430 (3)  | 123087 (2)     | 109061 (5)  | 116451 (4)  | 76566 (6)   |
| 2005      | 39554 (12)   | 514377 (1)   | 171336 (2)  | 136228 (3)     | 123837 (5)  | 127576 (4)  | 84707 (6)   |
| 2006      | 35356 (14)   | 529509 (1)   | 198131 (2)  | 145240 (3)     | 127667 (5)  | 128846 (4)  | 89306 (6)   |
| 2007      | 36164 (15)   | 531652 (1)   | 225040 (2)  | 153729 (3)     | 132254 (4)  | 124677 (5)  | 92851 (6)   |
| 2008      | 37431 (15)   | 539449 (1)   | 262645 (2)  | 156950 (3)     | 137723 (4)  | 123275 (5)  | 97282 (6)   |
| 2009      | 39132 (15)   | 576717 (1)   | 309103 (2)  | 167149 (3)     | 144381 (4)  | 128523 (5)  | 103912 (6)  |
| 2010      | 40390 (16)   | 600345 (1)   | 344420 (2)  | 172923 (3)     | 150645 (4)  | 129700 (5)  | 107610 (6)  |
| 2011      | 43604 (15)   | 621884 (1)   | 395431 (2)  | 177393 (3)     | 156045 (4)  | 132152 (5)  | 111108 (6)  |
| 2012      | 44724 (15)   | 659053 (1)   | 415776 (2)  | 191251 (3)     | 166424 (4)  | 135130 (5)  | 116324 (6)  |
| 2013      | 49703 (15)   | 665898 (1)   | 456895 (2)  | 198445 (3)     | 169607 (4)  | 136822 (5)  | 122003 (6)  |
| 2014      | 58244 (15)   | 664528 (1)   | 491686 (2)  | 195048 (3)     | 173431 (4)  | 132356 (6)  | 121185 (7)  |
| 2015      | 67834 (14)   | 669588 (1)   | 461547 (2)  | 200087 (3)     | 174519 (4)  | 127862 (6)  | 121176 (7)  |
| 2016      | 81689 (13)   | 669204 (1)   | 496397 (2)  | 204237 (3)     | 179539 (4)  | 130441 (6)  | 122519 (7)  |
| 2017      | 89492 (12)   | 683590 (1)   | 534879 (2)  | 209593 (3)     | 180712 (4)  | 130823 (6)  | 123530 (7)  |
| 2018      | 99099 (11)   | 683003 (1)   | 599386 (2)  | 211710 (3)     | 180608 (4)  | 131198 (6)  | 120908 (7)  |
| 1996–2018 | 1076966 (13) | 12070144 (1) | 5901404 (2) | 3449243 (3)    | 3019959 (4) | 2750108 (5) | 2120161 (6) |

<sup>1</sup> Составлено по: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php> дата обращения 05.06.2019

Продолжение таблицы 9.1

| Годы          | Канада         | Италия         | Индия          | Испания         | Австралия       | Южная<br>Корея  |
|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1996          | 43070 (6)      | 40195 (7)      | 21443 (13)     | 24931 (11)      | 25020 (10)      | 10333 (20)      |
| 1997          | 43400 (6)      | 41646 (7)      | 22457 (13)     | 27466 (10)      | 26136 (11)      | 13118 (16)      |
| 1998          | 42477 (7)      | 41235 (8)      | 23065 (13)     | 28233 (10)      | 27309 (11)      | 14192 (16)      |
| 1999          | 42320 (7)      | 42215 (8)      | 24439 (12)     | 29801 (10)      | 28287 (11)      | 16958 (16)      |
| 2000          | 44868 (7)      | 44689 (8)      | 25194 (13)     | 31236 (10)      | 30333 (11)      | 18396 (15)      |
| 2001          | 44521 (8)      | 46215 (7)      | 26687 (12)     | 33035 (10)      | 31097 (11)      | 21277 (14)      |
| 2002          | 48816 (8)      | 49127 (7)      | 29170 (12)     | 35723 (10)      | 32812 (11)      | 23455 (14)      |
| 2003          | 55440 (7)      | 55087 (8)      | 33236 (12)     | 39054 (9)       | 36815 (10)      | 28096 (14)      |
| 2004          | 61665 (7)      | 58653 (8)      | 35984 (12)     | 43088 (9)       | 40149 (10)      | 32692 (14)      |
| 2005          | 71108 (7)      | 64804 (8)      | 41385 (11)     | 49410 (9)       | 46334 (10)      | 37926 (13)      |
| 2006          | 75020 (7)      | 69352 (8)      | 47411 (11)     | 54204 (9)       | 50343 (10)      | 43867 (12)      |
| 2007          | 79014 (7)      | 75047 (8)      | 53091 (11)     | 58411 (9)       | 54687 (10)      | 48553 (12)      |
| 2008          | 81711 (7)      | 78637 (8)      | 60550 (10)     | 62408 (9)       | 58392 (11)      | 51471 (12)      |
| 2009          | 87938 (7)      | 83955 (8)      | 69030 (9)      | 68823 (10)      | 64173 (11)      | 54764 (12)      |
| 2010          | 90926 (7)      | 86301 (8)      | 80802 (9)      | 73359 (10)      | 69794 (11)      | 61485 (12)      |
| 2011          | 93702 (8)      | 89990 (9)      | 98238 (7)      | 79478 (10)      | 75038 (11)      | 66764 (12)      |
| 2012          | 100535 (8)     | 98959 (9)      | 108751 (7)     | 85783 (10)      | 81844 (11)      | 71962 (12)      |
| 2013          | 102627 (9)     | 105467 (8)     | 117127 (7)     | 87819 (11)      | 89244 (10)      | 75533 (12)      |
| 2014          | 104481 (9)     | 108628 (8)     | 132805 (5)     | 90769 (11)      | 92969 (10)      | 79577 (12)      |
| 2015          | 104622 (9)     | 112195 (8)     | 140499 (5)     | 89936 (11)      | 95345 (10)      | 81899 (12)      |
| 2016          | 106434 (9)     | 114396 (8)     | 152760 (5)     | 92217 (11)      | 98802 (10)      | 83157 (12)      |
| 2017          | 108252 (9)     | 118116 (8)     | 154619 (5)     | 94657 (11)      | 101697 (10)     | 83910 (13)      |
| 2018          | 111561 (9)     | 119405 (8)     | 171356 (5)     | 96517 (12)      | 106228 (10)     | 85725 (13)      |
| 1996–<br>2018 | 1744508<br>(7) | 1744314<br>(8) | 1670099<br>(9) | 1376358<br>(10) | 1362848<br>(11) | 1105110<br>(12) |

В 2018 г. США имели примерно 22% мировых публикаций, Китай к этому году достиг 19,29% публикаций. Доля трех стран Европы и России составляла около 20%. При этом доля российских публикаций была близка к доле публикаций Франции. Удельный вес публикаций России составил 3,19%, Франции – 3,89%, Германии – 5,81%, Великобритании – 6,82%.

На рисунке 9.1 показано, как менялась доля публикаций России, трех европейских стран, США и Китая в мировом публикационном потоке в 1996–2018 гг.

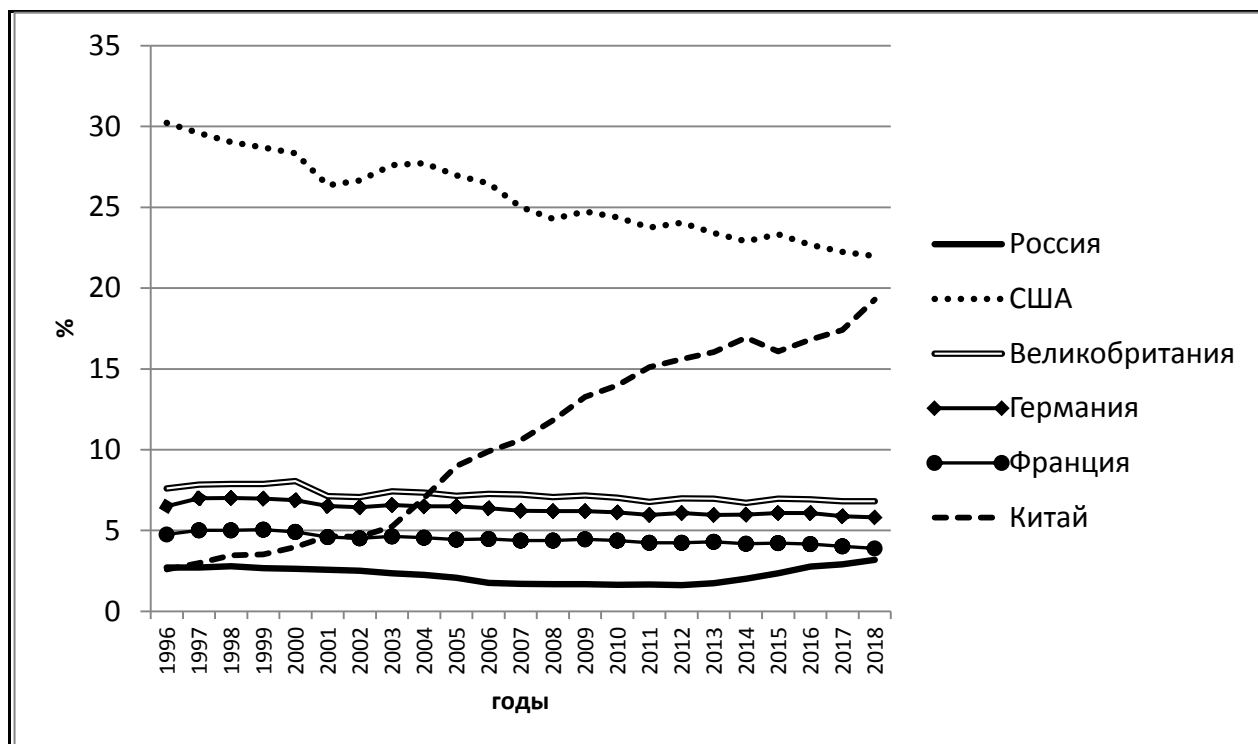


Рисунок 9.1 – Доля публикаций отдельных стран в мировом публикационном потоке в 1996–2018 гг.

### 9.3 Публикации России и ее ключевых партнеров по 27 предметным областям

В международной информационной базе Scopus первый уровень дисциплинарной структуры публикаций распределен по 27 предметным областям, затем каждая дисциплина распадается еще на несколько составляющих. По каждой дисциплине указано количество публикаций и место, которое страна занимает среди других стран. Заметим, что общее количество публикаций как сумма статей по каждой отрасли, превышает количество публикаций данной страны, так как издания могут относиться к нескольким отраслям. Например, в случае, когда статья касается проблемы снижения энергоемкости, она относится к энергетике и в тоже время может относиться к наукам об окружающей

среде и экологии. Рассмотрим, сколько публикаций принадлежит России по научным отраслям и какое место она занимает в общем потоке мировых публикаций (таблица 9.2).

Россия поднялась на 3-е место по физике, астрономии с 29 586 публикациями в 2018 г. Ее опережают Китай и Соединенные Штаты Америки. В 2018 г. в Китае по физике, астрономии было опубликовано 97 260 статей, в США – 62 045. На 4-ом и 5-ом местах находятся Германия и Великобритания с 27 629 и 20 342 публикациями. В публикациях по материаловедению Россия и в 1996 г., и в 2018 г. занимала 4-е место, по математике и инженерным наукам – 7-ое.

Сравним количество публикаций России по предметным областям с показателями США, Великобритании, Германии и Франции. При этом число публикаций России принято за единицу (таблица 9.3 и таблица 9.4).

Среди дисциплин первого уровня, то есть 27 тематическим направлениям, Россия опустилась на несколько мест по 11 предметным областям. Это сельскохозяйственные и биологические науки (в 1996 г. – 12-ое место, в 2018 г. – 17-ое); биохимия, генетика, молекулярная наука (12-ое и 15-ое, соответственно); химические технологии (6-ое и 10-ое); химия (5-ое и 6-ое); компьютерные науки (9-ое и 12-ое); науки о Земле и планетах (4-ое и 5-ое); энергетика (4-ое и 7-ое); науки об окружающей среде, экология (8-ое и 13-ое); иммунология и микробиология (13-е и 18-ое); междисциплинарные науки (9-ое и 20-ое); нейронауки (17-ое и 23-ое). При этом во всех отраслях знаний выросло число публикаций.

Таблица 9.2 – Количество публикаций и место России по предметным областям в 2018 и 1996 гг.<sup>2</sup>

| Область знаний     | 2018        | 1996       |
|--------------------|-------------|------------|
| Физика, астрономия | 29 586 (3)  | 12 456 (4) |
| Инженерные науки   | 23 768 (7)  | 7 313 (7)  |
| Материаловедение   | 20 554 (4)  | 8 362 (4)  |
| Химия              | 12 520 (6)  | 6 516 (5)  |
| Медицина           | 12 381 (20) | 3 281 (21) |
| Компьютерные науки | 10 727 (12) | 1 871 (9)  |
| Математика         | 10 235 (7)  | 3 147 (7)  |

<sup>2</sup> Составлено по: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php> дата обращения 05.06.2019



|   |            |            |
|---|------------|------------|
| Науки о Земле и других планетах             | 9 585 (5)  | 3 206 (4)  |
| Социальные науки                            | 7 418 (9)  | 191 (23)   |
| Биохимия, генетика, молекулярная биология   | 6 960 (15) | 3 321 (12) |
| Науки об окружающей среде, экология         | 6 032 (13) | 1 229 (8)  |
| Энергетика                                  | 4 882 (7)  | 1 240 (4)  |
| Химические технологии                       | 4 779 (10) | 2 098 (6)  |
| Сельскохозяйственные и биологические науки  | 4 625 (17) | 1 642 (12) |
| Искусство, гуманитарные науки               | 3 946 (9)  | 104 (24)   |
| Бизнес, менеджмент, бухгалтерский учет      | 2 244 (11) | 87 (22)    |
| Экономика, эконометрика, финансы            | 2 004 (9)  | 18 (39)    |
| Управление, науки по принятию решений       | 1 849 (9)  | 101 (16)   |
| Фармакология, токсикология, фармацевтика    | 1 538 (19) | 474 (20)   |
| Иммунология и микробиология                 | 1 537 (18) | 863 (13)   |
| Медицинские специальности / Охрана здоровья | 971 (14)   | 129 (18)   |
| Нейронауки                                  | 884 (23)   | 324 (17)   |
| Психология                                  | 740 (24)   | 32 (34)    |
| Междисциплинарные науки                     | 550 (20)   | 266 (9)    |
| Уход за больными                            | 265 (39)   | 13 (42)    |
| Ветеринария                                 | 103 (46)   | 12 (55)    |
| Стоматология                                | 93 (37)    | 1 (66)     |

Таблица 9.3 – Соотношение количества публикаций России и некоторых стран по предметным областям в 1996 и 2018 гг. (естественные и точные науки)<sup>3</sup>

| Область знаний                             | Россия |      | США    |      | Великобритания |      | Германия |      | Франция |      |
|--|--------|------|--------|------|----------------|------|----------|------|---------|------|
|  | 1996   | 2018 | 1996   | 2018 | 1996           | 2018 | 1996     | 2018 | 1996    | 2018 |
| Физика, астрономия                         | 1,0    | 1,0  | 3,5    | 2,1  | 0,8            | 0,6  | 1,3      | 0,9  | 0,9     | 0,6  |
| Материаловедение                           | 1,0    | 1,0  | 3,7    | 2,3  | 0,9            | 0,6  | 1,3      | 0,9  | 0,8     | 0,5  |
| Химия                                      | 1,0    | 1,0  | 3,7    | 3,1  | 1,1            | 0,9  | 1,5      | 1,3  | 1,0     | 0,8  |
| Науки о Земле и других планетах            | 1,0    | 1,0  | 5,0    | 3,5  | 1,3            | 1,2  | 1,1      | 1,1  | 0,9     | 0,8  |
| Математика                                 | 1,0    | 1,0  | 6,2    | 4,0  | 1,4            | 1,3  | 1,8      | 1,4  | 1,3     | 1,2  |
| Инженерные науки                           | 1,0    | 1,0  | 8,4    | 4,0  | 1,7            | 1,1  | 1,6      | 1,2  | 1,0     | 0,8  |
| Химические технологии                      | 1,0    | 1,0  | 5,2    | 4,5  | 1,2            | 1,3  | 1,6      | 1,7  | 1,0     | 1,0  |
| Энергетика                                 | 1,0    | 1,0  | 5,4    | 4,5  | 1,1            | 1,3  | 0,9      | 1,3  | 0,6     | 0,8  |
| Науки об окружающей среде, экология        | 1,0    | 1,0  | 11,9   | 5,9  | 3,3            | 2,0  | 2,0      | 1,7  | 1,4     | 1,1  |
| Компьютерные науки                         | 1,0    | 1,0  | 13,9   | 6,6  | 2,5            | 2,0  | 2,4      | 2,1  | 1,8     | 1,5  |
| Сельскохозяйственные и биологические науки | 1,0    | 1,0  | 14,2   | 10,4 | 4,2            | 3,0  | 2,9      | 2,9  | 2,5     | 2,0  |
| Биохимия, генетика, молекулярная биология  | 1,0    | 1,0  | 20,0   | 12,9 | 4,5            | 3,4  | 3,9      | 3,3  | 3,2     | 2,0  |
| Стоматология                               | 1,0    | 1,0  | 1906,0 | 32,8 | 607,0          | 13,9 | 200,0    | 10,3 | 61,0    | 3,7  |
| Охрана здоровья                            | 1,0    | 1,0  | 56,0   | 15,4 | 15,5           | 4,6  | 6,4      | 2,5  | 4,6     | 1,6  |
| Иммунология и микробиология                | 1,0    | 1,0  | 16,4   | 14,4 | 4,9            | 4,1  | 3,6      | 3,9  | 3,4     | 2,8  |
| Медицина                                   | 1,0    | 1,0  | 40,6   | 20,1 | 10,5           | 5,7  | 8,3      | 4,9  | 6,4     | 3,1  |
| Нейронауки                                 | 1,0    | 1,0  | 50,7   | 31,3 | 11,8           | 9,2  | 9,6      | 8,3  | 6,2     | 4,1  |
| Уход за больными                           | 1,0    | 1,0  | 517,2  | 63,5 | 134,2          | 21,0 | 46,9     | 7,7  | 27,1    | 8,6  |
| Фармакология, токсикология, фармацевтика   | 1,0    | 1,0  | 28,6   | 13,4 | 8,0            | 3,4  | 6,3      | 3,1  | 5,3     | 2,0  |
| Ветеринария                                | 1,0    | 1,0  | 260,8  | 45,3 | 80,5           | 18,3 | 53,3     | 11,2 | 36,8    | 7,6  |

<sup>3</sup> Рассчитано по: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>, дата обращения 05.06.2019

Таблица 9.4 – Соотношение количества публикаций России и некоторых стран по предметным областям в 1996 и 2018 гг. (гуманитарные и общественные науки)<sup>4</sup>

| Область знаний                         | Россия |      | США   |      | Великобритания |      | Германия |      | Франция |      |
|--|--------|------|-------|------|----------------|------|----------|------|---------|------|
|  | 1996   | 2018 | 1996  | 2018 | 1996           | 2018 | 1996     | 2018 | 1996    | 2018 |
| Экономика, эконометрика, финансы       | 1,0    | 1,0  | 251,4 | 6,4  | 60,0           | 2,6  | 20,4     | 1,8  | 15,7    | 1,4  |
| Управление, науки по принятию решений  | 1,0    | 1,0  | 30,8  | 5,7  | 7,0            | 1,9  | 4,1      | 1,6  | 2,5     | 1,3  |
| Искусство, гуманитарные науки          | 1,0    | 1,0  | 100,7 | 7,7  | 30,8           | 3,6  | 10,0     | 1,6  | 8,7     | 1,1  |
| Бизнес, менеджмент, бухгалтерский учет | 1,0    | 1,0  | 87,6  | 7,8  | 26,6           | 3,4  | 7,4      | 2,0  | 2,9     | 1,2  |
| Психология                             | 1,0    | 1,0  | 409,4 | 41,0 | 83,7           | 11,7 | 30,3     | 7,1  | 19,1    | 3,7  |
| Социальные науки                       | 1,0    | 1,0  | 119,5 | 10,1 | 35,2           | 3,8  | 7,5      | 1,7  | 5,0     | 1,0  |
| Междисциплинарные исследования         | 1,0    | 1,0  | 17,8  | 19,9 | 2,7            | 6,7  | 2,1      | 1,0  | 1,4     | 3,5  |

<sup>4</sup> Рассчитано по: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php> дата обращения 05.06.2019

Общее количество статей по компьютерным наукам в России выросло в 5,7 раз, но в других странах оно увеличилось еще больше, это означает, что в данной отрасли науки наша страна отстает. Та же ситуация и с нейронауками, и с биохимией, генетикой, молекулярной биологией, и с рядом других.

По двенадцати из 27 предметных областей Россия по количеству публикаций стала занимать более высокие места в 2018 г., чем в 1996 г. Это науки о здоровье и смежные с ними дисциплины: медицина (21-ое место в 1996 г. и 20-ое в 2018 г.); стоматология (66-ое и 37-ое, соответственно); охрана здоровья (медицинские специальности) (18-ое и 14-ое); уход за больными (сестринское дело) (42-ое и 39-ое); фармакология (20-ое и 9-ое); психология (34-ое и 24-ое) и ветеринария (55-ое и 46-ое). Но в целом следует признать, что в области здоровья и медицины, в широком смысле, Россия отставала и до сих пор отстает.

Пять научных отраслей заметно улучшили свои показатели, поднявшись до первого десятка. Так, искусство и гуманитарные науки поднялись с 24-го на 9-ое место, до 9-го места выросли публикации в управлении и науках по принятию решений (было 16-ое), в экономике и эконометрике (39-ое), в социальных науках (23-ое). Бизнес, менеджмент и бухгалтерский учет увеличили свои статьи, переместившись с 22-го на 11-е место. По этим отраслям показатели публикационной активности повысились почти в 35 раз. Это произошло в основном за счет включения российских журналов в Scopus, но в течение нескольких лет еще нужно убедиться, что данные журналы соответствуют требованиям, предъявляемым Экспертным советом этой информационной базы.

В 2018 году США, Великобритания, Германия, Франция занимали практически во всех дисциплинах места в первой десятке, несмотря на то, что их потеснили Китай, Индия, Япония. По всем дисциплинам Россия в 2018 году по сравнению с 1996 годом улучшила свои показатели по отношению к ключевым партнерам (США, Великобритании, Германии, Франции).

#### **9.4 Публикации России и ее ключевых партнеров по трем предметным областям в более подробном делении**

Рассмотрим несколько отраслей в их более подробной структуре. Физика и астрономия остается ведущей отраслью в России и уверенно занимает в 2018 г. третье место после Китая и США. В области математики Россия сохраняет пока свои позиции, оставаясь на седьмом месте, но конкуренция в этой области очень высокая. На первом месте находится Китай, на втором – США, на третьем – Индия, на четвертом – Германия,

на пятом – Великобритания, на шестом – Франция. По компьютерным наукам Россия опустилась на двенадцатое место в 2018 г. по сравнению с девятым в 1996 г.

В области физики и астрономии выделено 10 направлений исследований (таблица 9.5). Сравним количество публикаций России с показателями США, Великобритании, Германии и Франции. Число публикаций России принято за единицу и в 1996 г., и в 2018 г. В целом Россия поднялась с 4-го на 3-е место, и по восьми дисциплинам объем публикаций России рос более высокими темпами, чем в США, Великобритании, Германии и Франции. Только по двум направлениям исследований (акустика, ультразвук и астрономия, астрофизика) Россия отставала от них. Это отрасли развивающиеся, в них быстро растет число публикаций. В США увеличилось число публикаций по акустике и ультразвуку на 26%, по астрономии и астрофизике – почти на 80%. Россия опустилась на 9-е и 8-е места по сравнению с 3-м местом, которое она занимала в обеих дисциплинах в 1996 г. В этих предметных отраслях появились новые страны, которые потеснили Россию: Китай, Япония, Италия, Индия, Испания, но США, Великобритания, Германия и Франция остались ведущими странами в этих областях.

Отрасль знания «Математика» объединяет 14 тематических направлений (табл. 9.6). По одиннадцати из них Россия среди ключевых партнеров продвинулась вперед, то есть количество российских публикаций росло быстрее, чем в США, Великобритании, Германии и Франции, с небольшим исключением. Но по трем дисциплинам эти страны обгоняли Россию: прикладная математика, логика, моделирование. По ним Россия опустилась на одно-три места. Российские публикации по прикладной математике в 1996 г. составляли 1 781 единицу (4-е место), в 2018 г. – 3 257 единиц (6-е место), пропустив вперед Китай (21 007 публикаций) и Францию (3 647 публикаций). Еще более выразительным является происходящее в моделировании. В 1996 г. российские публикации в этой области составляли 312 единиц и были на 7-м месте, в 2018 г. – 1 415 единиц, это уже 8-е место. Впереди оказались Китай (11 482 публикации), США (6 928), Индия (2 615), Германия (2 578), Великобритания (2 413), Франция (1 981), Италия (1 457).

Таблица 9.5 – Соотношение количества публикаций России и некоторых стран в области физики и астрономии в 1996 и 2018 гг.<sup>5</sup>

| Направления исследований              | Россия |      | США  |      | Великобритания |      | Германия |      | Франция |      |
|---------------------------------------|--------|------|------|------|----------------|------|----------|------|---------|------|
|                                       | 1996   | 2018 | 1996 | 2018 | 1996           | 2018 | 1996     | 2018 | 1996    | 2018 |
| Акустика и ультразвук                 | 1,0    | 1,0  | 5,0  | 5,8  | 1,3            | 2,5  | 0,7      | 2,2  | 0,8     | 1,9  |
| Астрономия, астрофизика               | 1,0    | 1,0  | 4,4  | 4,9  | 0,9            | 2,3  | 1,3      | 2,4  | 0,9     | 1,6  |
| Атомная и молекулярная физика, оптика | 1,0    | 1,0  | 2,2  | 1,8  | 0,6            | 0,6  | 0,9      | 0,7  | 0,6     | 0,5  |
| Физика конденсированного состояния    | 1,0    | 1,0  | 3,8  | 2,3  | 0,8            | 0,7  | 1,4      | 1,0  | 0,9     | 0,7  |
| Специальное оборудование              | 1,0    | 1,0  | 2,5  | 2,3  | 0,7            | 0,7  | 1,2      | 1,0  | 0,8     | 0,6  |
| Ядерная физика                        | 1,0    | 1,0  | 2,5  | 2,0  | 0,7            | 0,7  | 1,2      | 1,1  | 0,7     | 0,8  |
| Физика и астрономия (смешанная)       | 1,0    | 1,0  | 3,4  | 1,5  | 0,8            | 0,5  | 1,4      | 0,7  | 1,0     | 0,5  |
| Радиация                              | 1,0    | 1,0  | 3,7  | 1,3  | 0,8            | 0,3  | 1,2      | 0,5  | 0,7     | 0,7  |
| Статистическая и нелинейная физика    | 1,0    | 1,0  | 2,2  | 1,9  | 0,6            | 0,8  | 0,9      | 0,9  | 0,9     | 0,8  |
| Физика поверхности и границ раздела   | 1,0    | 1,0  | 4,7  | 3,9  | 1,5            | 1,2  | 2,3      | 2,1  | 1,7     | 1,4  |

<sup>5</sup> Рассчитано по: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php> дата обращения 05.06.2019

Таблица 9.6 – Соотношение количества публикаций России и некоторых стран в области математики в 1996 и 2018 гг.<sup>6</sup>

| Направления исследований                   | Россия |      | США  |      | Великобритания |      | Германия |      | Франция |      |
|--|--------|------|------|------|----------------|------|----------|------|---------|------|
|  | 1996   | 2018 | 1996 | 2018 | 1996           | 2018 | 1996     | 2018 | 1996    | 2018 |
| Алгебра и теория чисел                     | 1,0    | 1,0  | 10,8 | 5,6  | 1,9            | 1,3  | 3,2      | 1,8  | 3,1     | 1,5  |
| Анализ                                     | 1,0    | 1,0  | 7,3  | 3,4  | 0,7            | 0,8  | 2,2      | 1,3  | 2,2     | 1,3  |
| Прикладная математика                      | 1,0    | 1,0  | 5,2  | 4,0  | 0,9            | 1,1  | 1,2      | 1,3  | 0,8     | 1,1  |
| Вычислительная математика                  | 1,0    | 1,0  | 5,9  | 3,8  | 0,9            | 0,9  | 1,9      | 1,3  | 1,3     | 1,0  |
| Контроль и оптимизация                     | 1,0    | 1,0  | 13,9 | 3,4  | 2,7            | 1,0  | 2,7      | 1,2  | 2,8     | 1,0  |
| Дискретная математика и комбинаторика      | 1,0    | 1,0  | 22,2 | 5,8  | 3,5            | 1,3  | 6,2      | 1,7  | 5,8     | 1,7  |
| Геометрия и топология                      | 1,0    | 1,0  | 15,3 | 8,4  | 2,2            | 2,3  | 4,6      | 3,0  | 3,9     | 2,9  |
| Логика                                     | 1,0    | 1,0  | 13,6 | 9,4  | 3,2            | 3,5  | 3,7      | 4,6  | 2,1     | 3,2  |
| Математическая физика                      | 1,0    | 1,0  | 3,1  | 2,5  | 1,0            | 1,1  | 1,7      | 1,3  | 1,4     | 1,1  |
| Математика (смешанная)                     | 1,0    | 1,0  | 5,3  | 2,0  | 1,3            | 0,7  | 1,4      | 0,7  | 1,0     | 0,7  |
| Моделирование и имитационное моделирование | 1,0    | 1,0  | 8,1  | 4,9  | 1,9            | 1,7  | 1,4      | 1,8  | 1,4     | 1,4  |
| Численный анализ                           | 1,0    | 1,0  | 6,8  | 5,6  | 1,4            | 1,3  | 2,1      | 1,7  | 1,7     | 1,8  |
| Статистика и вероятность                   | 1,0    | 1,0  | 12,1 | 7,7  | 2,9            | 2,5  | 2,3      | 2,0  | 1,6     | 1,9  |
| Теоретическая компьютерная наука           | 1,0    | 1,0  | 9,0  | 7,1  | 2,6            | 3,1  | 4,4      | 3,3  | 3,3     | 2,8  |

<sup>6</sup> Рассчитано по: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php> дата обращения 05.06.2019

Впечатляет картина, которая сложилась с публикациями по математической логике. В 1996 г. Россия находилась на 16-м месте (14 публикаций), США имели 190 публикаций (1-е место), за ними шли Италия (62 публикации), Германия (52), Великобритания (45). В 2018 г. Россия с 74 публикациями переместилась на 19-е место, а первая пятерка стран состояла из США (693 публикации), Китая (642), Германии (338), Великобритании (266), Франции (239). Затем идут Индия (173), Израиль (144), Япония (120), Канада (118), Иран (113), Польша (110), Голландия (92), Испания (91), Португалия (89), Австрия (87), Чешская республика (84), Южная Корея (77).

В области компьютерных наук выделено 12 тематических направлений (таблица 9.7). Одно из них – компьютерное зрение и распознавание образов – очень быстро развивается в США и трех европейских странах. В 1996 г. Россия была на 7-ом месте с 249 публикациями, в 2018 г., несмотря на то, что российских публикаций стало почти в 2 раза больше (448), она занимала только 20-ое место. В 2018 г. в первую десятку вошли Китай (9 052), США (5 542), Индия (3 197), Япония (2 059), Германия (1 869), Великобритания (1 794), Франция (1 432), Индонезия (1 073), Австралия (953), Испания (915). По числу публикаций в таких направлениях, как приложения компьютерных наук, системы информации, программное обеспечение, Великобритания, Германия, Франция обогнали Россию в 2–4 раза. По искусственному интеллекту к 2018 г. резко вырвались вперед Китай (17 581 публикаций), США (10 319), Индия (9 916). Великобритания, которая занимает 4-ое место, имела 3 396 публикации.



Таблица 9.7 – Соотношение количества публикаций России и некоторых стран в области компьютерных наук в 1996 и 2018 гг.<sup>7</sup>

| Направления исследований         | Россия |      | США   |      | Великобритания |      | Германия |      | Франция |      |
|----------------------------------|--------|------|-------|------|----------------|------|----------|------|---------|------|
|                                  | 1996   | 2018 | 1996  | 2018 | 1996           | 2018 | 1996     | 2018 | 1996    | 2018 |
| Искусственный интеллект          | 1,0    | 1,0  | 7,4   | 12,9 | 17,3           | 4,2  | 9,9      | 3,0  | 11,3    | 2,2  |
| Компьютерная теория и математика | 1,0    | 1,0  | 29,8  | 12,0 | 5,5            | 2,6  | 6,4      | 2,3  | 4,0     | 1,8  |
| Компьютерная графика и дизайн    | 1,0    | 1,0  | 197,0 | 33,7 | 19,7           | 9,2  | 18,7     | 10,7 | 17,2    | 6,0  |
| Компьютерная сеть и коммуникации | 1,0    | 1,0  | 9,1   | 4,9  | 1,6            | 1,5  | 1,3      | 1,4  | 1,0     | 1,1  |
| Приложения компьютерных наук     | 1,0    | 1,0  | 7,8   | 6,9  | 1,3            | 2,0  | 1,2      | 2,2  | 0,9     | 1,4  |
| Компьютерные науки (смешанные)   | 1,0    | 1,0  | 21,1  | 2,8  | 5,5            | 1,1  | 7,5      | 1,2  | 5,4     | 0,9  |
| Распознавание образов            | 1,0    | 1,0  | 8,1   | 12,4 | 1,5            | 4,0  | 1,2      | 4,2  | 1,8     | 3,2  |
| Комплектующие и архитектура      | 1,0    | 1,0  | 68,6  | 4,5  | 7,4            | 1,1  | 8,1      | 1,1  | 7,2     | 1,0  |
| Человек-компьютер интерфейс      | 1,0    | 1,0  | 237,5 | 17,5 | 73,0           | 5,5  | 25,5     | 5,6  | 13,0    | 2,8  |
| Системы информации               | 1,0    | 1,0  | 8,0   | 7,3  | 1,8            | 1,7  | 1,0      | 1,9  | 0,6     | 1,0  |
| Сигнальные процессы              | 1,0    | 1,0  | 58,5  | 10,0 | 9,7            | 2,6  | 7,0      | 2,5  | 8,7     | 2,5  |
| Программное обеспечение          | 1,0    | 1,0  | 22,1  | 14,8 | 3,0            | 3,9  | 2,5      | 4,0  | 2,1     | 2,9  |

<sup>7</sup> Рассчитано по: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php> дата обращения 05.06.2019

## 9.5 Публикации российских ученых в соавторстве с зарубежными

Рассмотрим долю публикаций ведущих стран мира в соавторстве с зарубежными партнерами (таблица 9.8). Из данных таблицы видно, что в 1996 г. у России доля публикаций в соавторстве с зарубежными партнерами равнялась 22,6%. Можно сказать, что около одной четверти публикаций были написаны совместно с представителями какой-либо страны.

Этот показатель в середине 1990-х годов был чуть ниже, чем в ведущих странах Европейского сообщества, где самый высокий показатель принадлежал Германии (30,9%), самый низкий – Италии (26,6%). В Соединенных Штатах и в Китае этот же показатель был ниже, чем в России.

В течение десяти лет международное сотрудничество России развивалось, шел рост числа публикаций и в еще большем масштабе рос показатель международного сотрудничества. В 2005 г. число публикаций России было больше 39 тыс., а доля публикаций в соавторстве с зарубежными партнерами – 32%. В следующем году он достиг 33%, но затем начал уменьшаться и в 2018 г. составил 23,6%. В этот же период число совместных публикаций у всех ведущих стран постоянно увеличивалось. Рос и индекс международного сотрудничества, в 2018 г. он достиг половины всех публикаций: у Великобритании – 56%; Франции – 56,9; Германии – 51,2; Испании – 49,8; Италии – 48,5%. Увеличился этот индекс и в США, он составил 36,3%, в Китае – 23,6%.

Доля совместных публикаций в России начала уменьшаться с 2007 г. Это время, когда начало быстро расти общее число публикаций, за 2007–2018 гг. число российских публикаций увеличилось почти в три раза. Число совместных публикаций в 2018 г. составило более 22 тыс., в то время как в 2007 г. их было чуть меньше 12 тыс., а в 1996 г. – немногим больше 7 тыс. То есть международное научное сотрудничество России растет, но не такими темпами как в Европе, США и Китае.

Таблица 9.8 – Доля публикаций ведущих стран мира в соавторстве с зарубежными партнерами в 1996–2018 гг. International Collaboration (%)<sup>8</sup>

| Годы | Россия | США   | Китай | Велико-британия | Германия | Япония | Франция |
|------|--------|-------|-------|-----------------|----------|--------|---------|
| 1996 | 22,63  | 18,82 | 17,29 | 27,02           | 30,89    | 15,29  | 30,47   |
| 1997 | 23,95  | 17,18 | 16,78 | 26,57           | 29,89    | 14,67  | 31,24   |
| 1998 | 24,48  | 18,81 | 15,79 | 28,00           | 33,04    | 15,72  | 32,57   |
| 1999 | 26,08  | 18,08 | 15,66 | 27,16           | 31,14    | 14,48  | 32,10   |
| 2000 | 27,16  | 18,72 | 16,05 | 27,46           | 31,50    | 15,14  | 33,53   |
| 2001 | 25,73  | 18,19 | 13,19 | 27,74           | 30,91    | 15,14  | 32,38   |
| 2002 | 26,98  | 19,22 | 16,00 | 29,53           | 32,84    | 16,26  | 34,43   |
| 2003 | 30,95  | 22,38 | 18,46 | 34,13           | 37,89    | 19,50  | 39,57   |
| 2004 | 31,16  | 23,28 | 16,37 | 36,22           | 39,16    | 20,35  | 40,92   |
| 2005 | 32,30  | 23,77 | 13,75 | 37,01           | 39,02    | 20,62  | 41,83   |
| 2006 | 32,98  | 23,43 | 13,30 | 35,26           | 37,67    | 20,50  | 40,18   |
| 2007 | 32,13  | 24,90 | 13,60 | 35,92           | 39,31    | 21,45  | 41,07   |
| 2008 | 29,75  | 26,33 | 13,51 | 37,65           | 41,40    | 22,66  | 41,54   |
| 2009 | 29,02  | 24,69 | 13,31 | 37,73           | 39,84    | 20,98  | 42,09   |
| 2010 | 28,77  | 26,28 | 14,56 | 40,64           | 42,75    | 22,61  | 44,90   |
| 2011 | 28,56  | 26,97 | 14,53 | 41,85           | 43,54    | 23,23  | 46,04   |
| 2012 | 29,16  | 27,81 | 15,56 | 42,61           | 44,14    | 23,82  | 47,18   |
| 2013 | 28,79  | 29,31 | 16,58 | 44,68           | 45,39    | 24,39  | 47,85   |
| 2014 | 26,87  | 30,93 | 17,52 | 47,86           | 46,16    | 25,39  | 50,12   |
| 2015 | 25,91  | 31,89 | 20,60 | 49,49           | 47,41    | 26,48  | 51,36   |
| 2016 | 23,84  | 33,41 | 21,38 | 51,30           | 48,11    | 27,51  | 52,71   |
| 2017 | 23,95  | 34,26 | 22,33 | 52,96           | 49,22    | 28,23  | 54,28   |
| 2018 | 23,55  | 36,30 | 23,64 | 56,04           | 51,25    | 30,27  | 56,86   |

<sup>8</sup> Составлено по: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php> дата обращения 05.06.2019

Продолжение таблицы 9.8

| Годы | Канада | Италия | Индия | Испания | Австралия | Южная<br>Корея |
|------|--------|--------|-------|---------|-----------|----------------|
| 1996 | 31,81  | 26,61  | 16,15 | 27,05   | 28,55     | 25,68          |
| 1997 | 31,29  | 26,89  | 15,27 | 26,70   | 29,55     | 22,99          |
| 1998 | 33,10  | 29,31  | 16,74 | 27,79   | 30,48     | 24,18          |
| 1999 | 31,81  | 28,54  | 14,88 | 26,80   | 28,27     | 21,12          |
| 2000 | 32,38  | 28,90  | 15,47 | 27,14   | 29,02     | 21,58          |
| 2001 | 31,54  | 28,24  | 14,66 | 26,04   | 28,39     | 21,03          |
| 2002 | 32,76  | 30,12  | 14,94 | 28,23   | 30,81     | 23,15          |
| 2003 | 38,39  | 33,53  | 18,20 | 32,65   | 35,59     | 25,71          |
| 2004 | 39,60  | 35,08  | 18,87 | 33,36   | 37,64     | 25,64          |
| 2005 | 39,64  | 35,74  | 18,89 | 34,27   | 36,81     | 26,43          |
| 2006 | 37,94  | 34,29  | 17,93 | 33,47   | 35,46     | 24,54          |
| 2007 | 39,11  | 35,57  | 18,23 | 34,41   | 36,57     | 23,97          |
| 2008 | 40,21  | 35,68  | 17,42 | 36,06   | 37,98     | 23,92          |
| 2009 | 39,55  | 35,33  | 16,99 | 35,05   | 38,12     | 23,43          |
| 2010 | 42,35  | 38,98  | 17,10 | 38,43   | 41,23     | 25,36          |
| 2011 | 42,97  | 39,78  | 16,13 | 39,66   | 42,15     | 25,99          |
| 2012 | 44,02  | 40,21  | 16,15 | 40,62   | 43,46     | 26,41          |
| 2013 | 45,40  | 40,93  | 16,42 | 42,26   | 44,94     | 26,48          |
| 2014 | 47,51  | 42,66  | 16,04 | 43,81   | 47,04     | 26,38          |
| 2015 | 48,36  | 43,65  | 15,94 | 45,67   | 49,08     | 26,47          |
| 2016 | 50,20  | 45,24  | 16,31 | 47,37   | 51,24     | 27,15          |
| 2017 | 51,21  | 46,09  | 17,34 | 48,14   | 53,61     | 27,50          |
| 2018 | 53,59  | 48,49  | 17,84 | 49,82   | 56,43     | 29,27          |

## 9.6 Рейтинг научных организаций

Чтобы проанализировать, какие из организаций имеют высокие доли совместных публикаций, обратимся к рейтингу SIR, составленному по числу научных публикаций научных организаций мира в 2013 году<sup>9</sup>. В рейтинг SIR вошли 4350 организаций, среди них 109 российских. Он включал данные за 5 лет, с 2007 по 2011 г. Российская академия наук занимает третье место в этом списке, имея 97105 публикаций с индексом сотрудничества 32%.

Среди первых тридцати организаций в этом рейтинге десять организаций принадлежат США и имеют средний взвешенный показатель коллаборации 31%. Если взять университеты США: Мичиганский (Анн-Арбор), Джона Хопкинса, Калифорнийский (Лос-Анжелес), университет штата Вашингтон, Стэнфордский, Пенсильванский, то их показатель сотрудничества колеблется от 26 до 32%. Только Гарвардский университет и Национальный институт здравоохранения имеют ИС свыше 37%. В числе 30 организаций, находящихся в авангарде по количеству статей, четыре представляют Францию. При этом выделяются Национальный центр научных исследований и Университет Пьера и Марии Кюри, у которых ИС равен 51 и 54%, соответственно. У Национального института здоровья и медицинских исследований и Общественных больниц Парижа этот показатель несколько ниже и составляет 43 и 28%. Из немецких организаций в этот список входят всего две: Объединение им. Гельмгольца и Общество Макса Планка. У них значения индекса сотрудничества весьма высоки: 55 и 66%, соответственно.

Как видим, в этот период индекс сотрудничества российских организаций находится на уровне, превышающем индекс международной коллаборации американских университетов. Однако он ниже, чем у большинства организаций европейских стран. Этот вывод относится к значениям индекса сотрудничества тех организаций, которые имеют наибольшее число публикаций.

Рассмотрим составленный SCImago рейтинг организаций по величине индекса сотрудничества за тот же период. На первом месте находится Европейское космическое агентство Франции, его показатели приняты за 100 процентов. На втором месте находится Институт здоровья и защиты потребителей (Италия) с показателем 98,21% по отношению к лидеру. Выделим первые 30 организаций из этого рейтинга (таблица 9).

---

<sup>9</sup> SIR Global Ranking, 2013. URL: <http://Пслсетасотнстьта1Г/air-global-mnking-2013> (дата обращения: 14.12.2014).

Таблица 9.9 – Индекс международного сотрудничества организаций в 2007–2011 гг.  
(первые 30 мест)

| Место в рейтинге | Наименование организации   | Страна | Сектор экономики | Отношение к лидеру в общем рейтинге, (%) |
|------------------|--|--------|------------------|--|
| 1                | Европейское космическое агентство                                  | FRA    | госуд.           | 100.00                                   |
| 2                | Институт здоровья и защиты потребителей                            | ITA    | госуд.           | 98.21                                    |
| 3                | Европейский центр космических исследований и технологий            | NLD    | госуд.           | 98.07                                    |
| 4                | Телескоп Subaru  | USA    | здравоохран.     | 97.18                                    |
| 5                | Институт окружающей среды и устойчивости                           | ITA    | госуд.           | 96.24                                    |
| 6                | Европейская южная обсерватория                                     | CHL    | другие           | 95.74                                    |
| 7                | Лаборатория ядерной физики и высоких энергий (CNRS)                | FRA    | госуд.           | 95.32                                    |
| 8                | Медицинский исследовательский совет                                | GMB    | госуд.           | 95.16                                    |
| 9                | Главная государственная лаборатория миллиметровых волн             | HKG    | высш.шк.         | 94.79                                    |
| 10               | Университет Сан-Франциско-де-Кито                                  | ECU    | высш.шк.         | 94.66                                    |
| 11               | Смитсоновский институт тропических исследований                    | PAN    | госуд.           | 94.44                                    |
| 12               | Институт трансурановых элементов                                   | DEU    | госуд.           | 93.61                                    |
| 13               | Центр по космологии и физике частиц Оскара Клейна                  | SWE    | госуд.           | 93.37                                    |
| 14               | Лаборатория Луи Лепренс-Ренге (CNRS)                               | FRA    | госуд.           | 93.06                                    |
| 15               | Лаборатория физики элементарных частиц Аннеси-ле-Вие (CNRS)        | FRA    | госуд.           | 92.84                                    |
| 16               | Университет Сент-Джордж  | GRD    | высш.шк.         | 92.38                                    |
| 17               | Международный научно-исследовательский институт профилактики       | FRA    | другие           | 92.22                                    |
| 18               | Центр исследований в области экономической политики                | GBR    | другие           | 91.36                                    |
| 19               | Астрономическая обсерватория Верхнего Прованса                     | FRA    | госуд.           | 91.32                                    |
| 20               | Лаборатория астрофизики Марселя                                    | FRA    | госуд.           | 90.87                                    |
| 21               | Европейская Южная обсерватория                                     | DEU    | госуд.           | 90.01                                    |
| 22               | Национальная лаборатория им. А. Алиханяна                          | ARM    | госуд.           | 89.94                                    |
| 23               | Физическая лаборатория корпускулярной физики Клермон-Ферран (CNRS) | FRA    | госуд.           | 89.89                                    |
| 24               | Международное Агентство по изучению рака                           | FRA    | здравоохран.     | 89.58                                    |
| 25               | Институт медицинских исследований                                  | KEN    | здравоохран.     | 89.34                                    |
| 26               | Радиоастрономический институт Макса Планка (MPG)                   | DEU    | госуд.           | 89.33                                    |

| Место в рейтинге | Наименование организации  | Страна | Сектор экономики | Отношение к лидеру в общем рейтинге, (%) |
|------------------|---|--------|------------------|--|
| 27               | Международный центр по улучшению кукурузы и пшеницы                 | MEX    | госуд.           | 89.31                                    |
| 28               | Институт Лауэ-Ланжевена   | FRA    | госуд.           | 89.22                                    |
| 29               | Лаборатория линейных ускорителей (CNRS)                             | FRA    | госуд.           | 89.09                                    |
| 30               | Научно-исследовательский институт астрофизики и планетологии (CNRS) | FRA    | госуд.           | 88.92                                    |

В данном рейтинге двенадцать мест принадлежат Франции, три Германии, по два у Великобритании и Италии, по одному — у США, Нидерландов, Чили, Гамбии, Гонконга, Эквадора, Панамы, Швеции, Армении, Кении и Мексики.

Рассмотрим направления исследований этих организаций. Европейское космическое агентство (ЕКА; англ. Еигореап Эрасе Ауепсу, ЕВА) — международная организация, созданная в 1975 году в целях исследования космоса. В настоящее время в ЕКА входят более двадцати постоянных членов. Численность постоянно работающих в агентстве — около 2000 человек. Как правило, страны имеют собственные космические программы, которые по-разному взаимодействуют с агентством в финансовом и организационном плане. Одним из структурных подразделений ЕКА является Европейский центр космических исследований и технологий в Нордвейке (Нидерланды), занявший третью позицию в таблице 9. Научные исследования проводятся в области физики, астрономии, вычислительной математики, биологии и, медицины, инженерных наук.

В представленном списке шесть организаций входят в Национальный центр научных исследований Франции (Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS), который является ведущим общественным научно-исследовательским учреждением, объединяющим государственные организации Франции, имеет 18 представительств на территории страны и более десятка за рубежом. Международное сотрудничество реализуется через подписание соглашений о кооперации, создание ассоциированных и совместных международных исследовательских групп. С Россией и бывшими республиками заключено около 40 соглашений. Области науки, которыми занимаются эти организации – ядерная физика, астрофизика.

Далее следуют три организации, специализирующиеся на ядерной физике. Более 40 лет проводятся исследования в Институте трансурановых элементов Германии (МСЭ). Этот институт работает в тесной связи с Генеральным Директоратом транспорта и

энергетики Управления топлива и ядерных отходов Европейского сообщества (ЕС), а также Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ). В институте работает около 300 сотрудников, среди которых много прикомандированных или получивших гранты от института.

Институт Лауэ-Ланжевена – это международно-финансируемый научный комплекс, расположенный в Гренобле (Франция). Основан в 1967 году Францией и Германией и назван в честь физиков Макса фон Лауэ и Поля Ланжевена. В 1973 году третьим партнером этих государств стала Великобритания. Со временем его партнерами стали еще 10 государств, в основном, стран ЕС. Институт является одним из мировых центров исследований с использованием нейтронов.

Ереванский физический институт (ЕрФИ) был основан в 1944 году как филиал Ереванского государственного университета братьями Абрамом Алихановым и Артемом Алиханяном. После распада СССР ЕрФИ продолжает свою научную деятельность в области физики высоких энергий и астрофизики как в Армении, так и на крупнейших зарубежных ускорителях и детекторах космического излучения. Начиная с 1985 года физики ЕрФИ успешно участвуют в крупных международных коллаборациях в области физики средних и высоких энергий.

Специализация трех следующих институтов астрономия и астрофизика. Обсерватория Верхнего Прованса – астрономическая обсерватория, основанная в 1937 году во французском департаменте Альпы Верхнего Прованса. Вместе с Лабораторией астрофизики Марселя и лабораторией звёздной и всемирной интерференции она входит в состав астрономической Марсельской обсерватории, расположенной на юге Франции.

Европейская южная обсерватория (ESO) – это межгосударственная исследовательская организация, штаб-квартира организации находится в Гархинге под Мюнхеном в Германии. Официальное название – Европейская организация астрономических исследований в Южной полусфере. В состав организации входят 15 стран. Эта организация построила несколько комплексов телескопов и обсерваторий на вершинах гор в пустыне Атакама на севере Чили.

Радиоастрономический институт Макса Планка – один из 80 научных институтов общества Макса Планка. Расположен в Бонне-Энденихе, Северный Рейн – Вестфалия (Германия). Институт имеет 100-метровый радиотелескоп в Эффельсберге в Бад-Мюнстерайфель. Главные направления деятельности института – радиоастрономия и инфракрасная астрономия.

Специализация институтов, расположенных ниже, видна из их названий. «Субару» (японское название звёздного скопления Плеяды) – 8,2-метровый оптический телескоп,



принадлежащий японской Национальной астрономической обсерватории, расположен на Мауна-Кеа (Гавайи). С помощью этого телескопа команда ученых из разных стран обнаружила 7 новых галактик.

Центр по космологии и физике частиц Оскара Клейна, является одним из самых известных научно-исследовательских институтов Швеции. Основанный в 2008 г. он проводит эксперименты и наблюдения объектов на оборудовании, функционирующем в качестве международных коллабораций.

Главная государственная лаборатория миллиметровых волн является структурным подразделением Городского университета Гонконга. В лаборатории проводятся научные исследования по широкому кругу практических приложений электромагнитных колебаний в системах связи.

В нулевые годы XXI столетия получила широкое развитие деятельность институтов стран ЕС, призванных охранять здоровье граждан. Институт здоровья и защиты потребителей – один из семи институтов Объединенного научного центра Европейской Комиссии. В нем работает около 300 специалистов в различных областях знаний: химии, молекулярной биологии и генетике, токсикологии. Работа ведется в тесном сотрудничестве с европейскими университетами, научными институтами, международными организациями (Организацией экономического развития и сотрудничества, Международной организацией стандартов, Европейским комитетом по стандартизации).

Медицинский исследовательский Совет является государственным учреждением, ответственным за координацию и финансирование медицинских исследований в Великобритании. Это один из семи исследовательских Советов Великобритании, независимый от Министерства по делам предпринимательства, инноваций и ремесел. Наряду с научно-исследовательскими центрами в него входят 27 подразделений трех институтов Великобритании, по одной лаборатории – из Гамбии и Уганды. Совет ориентируется на высокую отдачу научных исследований и оказывает финансовую поддержку прорывным направлениям в области медицины.

Международный исследовательский институт профилактики является независимым исследовательским учреждением Франции, он основан в 2009 году с целью улучшения здоровья в популяциях по всему миру. Институт обладает уникальным опытом в эпидемиологических исследованиях.

Международное агентство по изучению рака (МАИР) – международная научно-исследовательская организация, часть Всемирной организации здравоохранения – одного из специализированных учреждений Организации Объединённых Наций. МАИР

занимается координацией и проведением исследований причин онкологических заболеваний, а также разработкой научных стратегий борьбы против рака. В его задачи входит обучение и подготовка кадров для онкологии.

Институт медицинских исследований – это медицинский исследовательский центр в Восточной Африке, расположенный в столице Кении, Найроби. Созданный в 1979 году, он сыграла важную роль в борьбе с малярией, СПИДом и другими заболеваниями в Кении и в Африке.

Институт окружающей среды и устойчивости является специализированным институтом Совместного исследовательского центра Европейского Сообщества (ЕС), расположенным в Испре, (Италия). Его цель – обеспечить научно-техническую поддержку политики ЕС по охране окружающей среды, способствующей устойчивому развитию в Европе.

Центр исследования экономической политики является частью Европейской благотворительной организации, основанной в 1983 году Ричардом Портесом. Офис Центра расположен в Лондоне. Финансирование Центра осуществляется в основном банками, частично за счет корпоративных членов.

В рассматриваемом списке основное место занимают международные институты, но несколько организаций являются национальными, они имеют тесные контакты с иностранными партнерами.

Университет Сент-Джордж, основанный в начале XVIII века в Лондоне, активно развивается, участвует в большом количестве международных исследовательских программ в области медицины. В главном здании университета расположено управление Государственной службы здравоохранения, одной из крупнейших организаций в области здравоохранения на территории Великобритании.

Смитсоновский институт – образовательный и научно-исследовательский институт и связанный с ним музейный комплекс – самое крупное в мире хранилище экспонатов, музейных ценностей и артефактов. В его состав входят 19 музеев, зоопарк, 9 научно-исследовательских центров, а также 156 музеев. Институт является одним из ведущих мировых центров фундаментальных исследований по экологии, поведению и эволюции тропических организмов. Постоянные сотрудники и стипендиаты набираются из людей всех национальностей путем открытого конкурса, приглашенные ученые – из ведущих исследовательских университетов.

Международный центр улучшения кукурузы и пшеницы – некоммерческий научно-исследовательский институт, занимающийся исследованиями в области сельского хозяйства, внесший важный вклад в осуществление Зеленой революции. Центр имеет

связи более чем с сорока странами в Азии, Африке и Латинской Америке. Финансируется Фондом Рокфеллера, Всемирным банком, Фондом Билла и Мелинды Гейтсов, правительствами разных стран, в том числе США, Швейцарии, Японии.

Университет Сан-Франциско-де-Кито по своим научным исследованиям можно назвать многопрофильным. Это первое учебное заведение в Эквадоре в отрасли свободных искусств. Университет, названный в честь столицы Эквадора, был основан в 1988 году некоммерческим фондом «Корпорасьон де Промошен Юниверситария». Министерством образования и культуры Эквадора вуз был признан государственным учебным заведением в октябре 1995 года, аккредитацию университет получил в мае 2001 года.

Больше половины мест занимают европейские организации, в основном, это центры, где ведутся ядерные и астрофизические исследования. Среди неевропейских организаций – медицинские и исследования в области экологии и сельского хозяйства. У этих научных учреждений индекс совместных с зарубежными коллегами работ составляет от 88,9 до 100%.

Рассматривая выделенные организации с точки зрения направленности проводимых ими научных исследований, можно отметить, что больше половины из них занимаются исследованиями, требующими больших инвестиций, а это под силу только при объединении финансовых возможностей нескольких стран. Так, в области ядерных разработок специализируются 9 организаций, 8 – в области астрономии, 2 – занимаются космическими разработками, 6 – вопросами здоровья населения и профилактики заболеваний, 2 – проводят экологические исследования, остальные – исследования в области экономики и сельского хозяйства, а одна организация является многопрофильной.

В целом можно заметить, что в Европе, начиная с 1960-х годов, идет процесс все большего объединения научных исследований, прежде всего, требующих значительных финансовых вложений. Кроме того, в Европейском сообществе существует ряд Комиссий, при которых работают научные организации, состоящие из представителей разных стран.

Выше перечислены те организации, которые имеют самый высокий индекс сотрудничества. Если из полного рейтинга взять организации, у которых число статей, написанных совместно, чуть превышает две трети от лидера, то можно отметить следующее. Из, примерно, 350 научно-исследовательских институтов 73 организации принадлежат Франции, 60 – Германии, 32 – Испании, 16 – Великобритании, 13 – Италии, 14 – США, 8 – России, 2 – Китаю. Таким образом, наиболее интенсивные связи наблюдаются внутри Европы, а основными странами, с которыми существует научное сотрудничество, являются Франция и Германия.

К числу российских организаций, имеющих свыше двух третей совместных статей в сравнении с лидером, относятся: Государственный научный центр «Институт физики высоких энергий» (Протвино), Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова, Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова, Объединенный институт ядерных исследований (г. Дубна), Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН, Институт ядерных исследований РАН. Их в два раза меньше, чем американских, которые имеют такие же показатели. В число российских организаций, имеющих высокий рейтинг по международной кооперации, входят в основном физические институты, что соответствует общемировой тенденции.

### **9.7 Выводы и апробация результатов исследования**

Анализ российских публикаций в мировом научном публикационном потоке за 1996–2018 гг. показывает, что за последние годы их общее число значительно выросло. Доля российских публикаций близка к доле публикаций Франции, доля публикаций Великобритании более чем в два раза выше доли России, Германии – почти в два раза. Эти страны занимают 3-е и 4-ое места по числу публикаций, индексируемых в Scopus. Таким образом, ключевые для нашей страны партнеры по доле совместных работ остаются и ведущими по числу публикаций в мире. России необходимо стремиться к тому, чтобы увеличить свои совместные работы с этими странами.

Рост количества публикаций по различным областям знаний свидетельствует о научной специализации России. Специализация страны может определяться разными способами. Один из них предложен в работе Л.М. Гохберта и Г.С. Сагиевой. По этому определению специализацией России являются: математика, материаловедение, междисциплинарные исследования, науки о Земле и других планетах, физика и астрономия, химические технологии, химия и энергетика [13]. Этот индекс имеет ряд недостатков, в первую очередь он зависит от тематической структуры журналов данной страны. Это совпадает с нашими выводами. Близкой является специализация, отмеченная в статье, в которой проводится анализ публикаций, индексируемых в информационной базе WoS [14].

Анализ подробной классификации свидетельствует, что в новых, развивающихся областях Россия нередко отстает. В них наблюдается рост публикаций у тех стран, которые некоторое время назад занимали места ниже России. Такое положение наиболее характерно для компьютерных наук. В 1996 г. по компьютерным наукам Россия занимала 9-ое место, но в 2018 г. она уже находилась на 12-ом месте. Так публикации по

компьютерному зрению и распознаванию образов выросли с 1996 по 2018 г. по отношению к России в Великобритании в 4 раза, в Германии – в 4,2 раза, во Франции – в 3,2 раза, а в США – в 12,4 раза. При этом на первом месте находятся Китай (9052 публикации), США (5542), Индия (3187), Япония (2059), Индонезия (1073). Германия, Великобритания, Франция в 2018 г. занимают места с 5-го по 7-ое. Подобные примеры можно привести и в физике, астрономии, и в математике, и в инженерных науках, и в ряде других отраслей. Причиной этого является то, что в России до сих пор сохраняется отраслевая структура науки, характерная для СССР, и совершенно недостаточно финансируются новые тематические направления. А вот Великобритания, Германия, Франция и США остаются на первых местах и в этих новых отраслях.

Российские ученые по отношению к таким партнерам, как США, Великобритания, Франция, Германия, увеличивают публикации по 27 предметным областям. Однако, в более дробном делении по трем предметным областям (физика, астрономия; математика; компьютерные науки) по некоторым передовым направлениям исследований российские ученые отстают и занимают места во втором десятке.

Отрадно то, что России удалось продвинуться по биохимии, генетике, молекулярной науке, по науке об окружающей среде, экологии, по медицине, по сельскохозяйственным и биологическим наукам, по гуманитарным и общественным наукам, но продвижение на более высокие места требует значительного увеличения публикаций.

России нужно активно развивать новые тематические направления и в рамках традиционных отраслей, и совершенно новые отрасли. Это уже касается в целом всей системы образования и науки и требует значительных финансовых вложений.

Опыт Европы показывает, какое большое значение имеет длительная и целенаправленная научно-техническая политика государств по стимулированию международного научного сотрудничества. Весь послевоенный период в Европе формируются связи между научными организациями. Большую роль сыграл Евросоюз путем создания новых международных научных организаций. С 1984 г. начинали действовать европейские рамочные программы научно-технического развития. В последние десятилетия ЕС настойчиво требует организовывать консорциумы из нескольких университетов разных стран при подаче заявок на научный конкурс. Все это привело к тому, что индекс международного сотрудничества в европейских странах рос более высокими темпами, чем общее число публикаций.

Индекс сотрудничества вырос и в странах, не относящихся к ЕС. Канада и Австралия в 2018 г. имели ИС 53,6% и 56,4%. Это объясняется единством языка и

тесными связями с университетами США. Растет индекс сотрудничества у Японии, Южной Кореи, Китая. Россия по индексу сотрудничества отстает от других стран. Но самое главное, что российские публикации имеют низкий индекс цитирования в расчете на одну публикацию. Индекс Хирша у публикаций из России равен 540, тогда как из США – 2222, из Великобритании – 1373, из Китая – 794, из Индии – 570.

Анализ динамики совместных публикаций ученых разных стран показывает все большую их взаимосвязанность, особенно в тех направлениях, которые требуют огромных вложений в оборудование: физика, астрофизика, астрономия, биология, медицина. Среди других отраслей науки – экология, науки о Земле, климатология, экономика. Все это показывает общие проблемы, которые встают перед наукой. Нашей стране нужно вписываться в сложные международные связи между научными организациями разных стран.

Важным обстоятельством является снижение индекса сотрудничества российских ученых по сравнению с США, со странами Европейского Содружества (Великобританией, Германией, Францией и др.)

В перспективе на 2020–2021 гг. нами планируется: анализ публикационной активности российских ученых в подробном делении по остальным 24 предметным областям; исследование цитируемости публикаций российских ученых; выделение публикаций петербургских ученых в общем количестве российских публикаций, индексируемых в информационной базе Scopus.

В 2019 году апробация проведенных исследований в области гуманитарных и общественных наук проходила в рамках выступлений с докладами на международных, российских междисциплинарных научных конференциях:

1) Иванова Е.А. Отраслевая структура научных исследований в ведущих странах мира (секционный доклад). XL Международная годовичная научная конференция Санкт-Петербургского отделения Национального комитета по истории и философии науки и техники Российской академии наук «Научный Санкт-Петербург: к 295-летию Российской академии наук» (Санкт-Петербург, 28 октября – 1 ноября 2019 г.)

2) Иванова Е.А. Публикации России в потоке научных публикаций мира (Scopus) (секционный доклад). Российская научная конференция «30-летний путь российской науки и самоорганизация научного сообщества (к 30-летию Санкт-Петербургского союза ученых)» (Санкт-Петербург, 27 октября 2019 г.).

3) Иванова Е.А. Международное научное сотрудничество и этос науки Р. Мертона (секционный доклад). XXXV сессия Международной школы социологии

науки и техники им. С.А. Кугеля «Этос ученого в XXI веке (к 100-летию публикации доклада М. Вебера «Наука как призвание и профессия»)» (Санкт-Петербург, 29–30 октября 2019 г.)

4) Крылова Е.А. Теоретические подходы к анализу процесса принятия внешнеполитических решений в ФРГ // Общество: политика, экономика, право, 2019, вып. 11. – на регистрации в РИНЦ

5) Крылова Е.А., Баринов А.С. "Социальное государство": миф или реальность? Сравнительный анализ на примере России и Германии // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2019. Т. 8. № 4 (29). С. 27-35.

Организованы и проведены международные, всероссийские и региональные научные конференции:

1) Открытое совместное заседание Ученого совета Санкт-Петербургского филиала Архива РАН и Объединенного научного совета по общественным и гуманитарным наукам СПбНЦ РАН «К 300-летию начала сибирской экспедиции Даниэля Готлиба Мессершмидта» (5 марта 2019 г.)

2) Международная научная конференция «Западноевропейские рукописи и документы от Поздней античности до начала Нового времени в собраниях Санкт-Петербурга: изучение, каталогизация, цифровая публикация» (19 сентября 2019 г.)

3) Совместное заседание Объединенного научного совета по общественным и гуманитарным наукам СПбНЦ РАН и Научных чтений Санкт-Петербургского филиала Архива РАН «Археология, этнография и языки Кавказа в документальном научном наследии Е.Г. Пчелиной» (17 октября 2019 г.).

4) XXXV сессия Международной школы социологии науки и техники им. С.А. Кугеля «Этос ученого в XXI веке» (29–30 октября 2019 г.)

5) XL Международная научная годовая конференция Санкт-Петербургского Отделения Российского национального комитета по истории и философии науки и техники «Научный Санкт-Петербург: К 295-летию Российской Академии наук» (28 октября – 1 ноября 2019 г.)

6) Юбилейная научная конференция к 100-летию со дня рождения Б.Н. Путилова и К.В. Чистова (14–16 ноября 2019 г.)

Результаты проведенных исследований отражены в публикациях:

1) Иванова Е.А., Николаева Л.Г. Совместные публикации ученых стран мира // Петербургская социология сегодня. Вып. 12. СПб, 2019. С. 5-21. DOI: 10.25990/socinstras.pss-12.m1p2-vg73

2) Иванова Е.А. Отраслевая структура научных исследований в ведущих странах мира // Материалы XL Международной научной годичной конференции Санкт-Петербургского Отделения Российского национального комитета по истории и философии науки и техники «Научный Санкт-Петербург: К 295-летию Российской Академии наук» (28 октября – 1 ноября 2019 года). Вып. XXXV. СПб.: СПбФ ИИЕТ РАН; Саратов: Амирит, 2019. С. 307-308.

3) Иванова Е.А., Николаева Л.Г. Сравнение структуры научных исследований России с ведущими странами // Проблемы деятельности ученого и научных коллективов: Международный ежегодник. Вып. 5(35). Материалы XXXV сессии Международной школы социологии науки и техники им. С.А. Кугеля «Этос ученого в XXI веке». СПб.: СПбФ ИИЕТ РАН; Саратов: Амирит, 2019. С. 164-180.

#### Список использованных источников

1. Бричковский В. Наукометрический анализ в информационном обеспечении инновационной деятельности // Наука и инновации. 2017. №8(174). С. 64-67.
2. Гуськов А.Е. Российская наукометрия: обзор исследований // Библиосфера. 2015. № 3. С. 75-86.
3. Маркусова В., Котельникова Н., Золотова А., Шухаева А. Перспективные направления научных исследований: мировые и отечественные тенденции по БД SCI-E, 2009 и 2015 гг. // Информация и инновации. 2017. № 5. С. 111-118.
4. Маршакова-Шайкевич И.В. Россия в мировой науке: библиометрический анализ. М.: ИФРАН, 2008.
5. Мизенцева М., Королева Л. Мировые тенденции в области генерации знаний // Информация и инновации. 2017. № 5. С. 119-125.
6. Терехов А.И. Библиометрический анализ углеродного направления нанотехнологий: 2000–2015 // Экономика науки. 2017. Т. 3. № 4. С. 262-274.
7. Цветкова В., Мохначева Ю. Библиометрические показатели, публикационная активность и публикации // Информация и инновации. 2017. № 5. С. 164-169.
8. Guskov A. E., Kosyakov D. V., Selivanova I. V. Boosting research productivity in top Russian universities: the circumstances of breakthrough // Scientometrics. 2018. V. 117. № 2. P. 1053-1080.
9. Kotsemir, M., & Shashnov, S. (2017). Measuring, Analysis and Visualization of Research Capacity of University at the Level of Departments and Staff Members. Scientometrics, 1-31 Pre-print version. DOI 10.1007/s11192-017-2450-7



10. Moed H.F., Markusova V., Akoev M. Trends in Russian research output indexed in and Web of Science // *Scientometrics*. 2018. V. 116. № 2. P. 1153-1180.
11. Коцемир М., Кузнецова Т., Насыбулина Е., Пикалова А. Выбор направлений научно-технического сотрудничества России // *Форсайт*. 2015. Т. 9. № 4. С. 54-72.
12. Гохберг Л.М., Сагиева Г.С. Российская наука: библиометрические индикаторы // *Форсайт*. 2007. Т. 1. № 1. С. 44-53.
13. Соколов А.А., Шашнов С.А., Коцемир М.Н., Гребенюк А.Ю. Определение приоритетов научно-технологического сотрудничества стран БРИКС // *Вестник международных организаций*. 2017. Т. 12. № 4. С. 32-67.
14. Мохначева Ю.В., Цветкова В.А. Россия в мировом массиве научных публикаций // *Вестник Российской академии наук*. 2019. Т. 89. № 8. С. 820-830.

## **10 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области междисциплинарных проблем транспортных систем**

В 2019 году были продолжены работы в рамках Государственного задания в развитие пункта разработанной СПбНЦ РАН Программы фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года «Разработка научно-обоснованного подхода к созданию комплексной схемы управления экологически устойчивым развитием городского транспорта общего пользования».

Разработанная на основе предыдущих исследований целевая модель, как основа концепции управления устойчивым развитием Общественного Транспорта (ОТ), предназначена для обоснования принятия управленческих решений в этой сфере.

Основными критериями устойчивой мобильности являются:

- универсальная доступность транспортной услуги (как территориальная и физическая, так и по стоимости транспортного обслуживания);
- эффективность (как с точки зрения финансовых затрат, так и с точки зрения расходования всех видов ресурсов);
- безопасность;
- экологичность (в том числе и экологическая эффективность транспортной деятельности).

Переключение части пассажиропотока с личного автотранспорта на более экологически устойчивый ОТ, т. е. изменение модели транспортного поведения жителей крупных городов, невозможно без усилий, направленных на обеспечение привлекательности ОТ не только по приведённым выше критериям, но и по критерию комфортности. Эффективность, безопасность, доступность, экологичность и комфортность ОТ обеспечивают повышение качества транспортного обслуживания, а с ним и качества жизни, особенно в крупных городах.

Набор показателей (индикаторов) соответствия системы ОТ по приведённым выше критериям, разработанный с учётом анализа международного опыта, а также показателей эффективности управляющих воздействий является неотъемлемой частью системы управления развитием ОТ (таблица 10.1).

Таблица 10.1 – Набор показателей (индикаторов) соответствия системы ОТ

| Универсальная доступность транспортной услуги   |  |  |
|---|--|--|
| Показатели соответствующих составляющих критерия  |  |  |
| <p>Территориальная доступность:</p> <p>ТД.1 Доля населения, проживающего на ...</p> <p>ТД.2 Доля рабочих мест, расположенных на ...</p> <p>ТД.3 Доля социальных объектов, расположенных на...<br/>...расстоянии, установленном СТОННТ, с учётом частоты обслуживания для немагистральных видов транспорта не более 20 минут и соответствующей пассажиропотоку вместимости транспортных средств и пропускной способности обслуживающих видов транспорта;</p> <p>ТД.4 Доля населения, проживающего на...</p> <p>ТД.5 Доля рабочих мест, расположенных на...</p> <p>ТД.6 Доля социальных объектов, расположенных на...<br/>...расстоянии не более 1200 метром от станций магистральных видов транспорта с повышенной пропускной способностью (ЛРТ, BRT, метро), обслуживаемых ежедневно с началом движения не позже 6 часов и окончание движения не раньше 23 часов.</p> | <p>Ценовая доступность:</p> <p>ЦД.1 соотношение стоимости месячного проездного билета, предоставляющего право неограниченного числа поездок на ОТ и среднего арифметического взвешенного среднедушевого денежного дохода населения данного субъекта РФ</p> | <p>Доступность остановок и транспортных средств для маломобильных групп населения (физическая доступность):</p> <p>Для оценки всей системы:</p> <p>ФД.1 уровень удовлетворённости маломобильных групп населения доступностью ОТ;</p> <p>Для управления отдельными подсистемами:</p> <p>ФД.2.1 Доля остановок и станций ОТ, удовлетворяющих нормативным документам по доступности для маломобильных граждан;</p> <p>ФД.1.1 Уровень удовлетворённости маломобильных групп населения физической доступностью станций и остановочных пунктов;</p> <p>ФД.2.2 Доля подвижного состава ОТ, удовлетворяющего нормам по доступности для маломобильных граждан;</p> <p>ФД.1.2 Уровень удовлетворённости маломобильных групп населения физической доступностью транспортных средств ОТ.</p> |

Продолжение таблицы 10.1

| Эффективность общественного транспорта   |   |   |  |
|--|---|---|--|
| Показатели соответствующих составляющих критерия   |   |   |  |
| Эффективность перемещения пассажиропотоков   | Эффективность потребления энергоресурсов  | Эффективность потребления природных ресурсов  | Экономическая эффективность  |
| <p>Для всех видов транспорта:</p> <p>ЭПП.1 средняя продолжительность поездки с трудовыми целями (на работу, учёбу и т.д.) «от двери до двери»;</p> <p>ЭПП.2 средняя скорость сообщения (по видам ОТ) с учётом времени ожидания и времени посадки-высадки.</p> <p>ЭПП.3 заполнение салона транспортных средств</p> <p>Для транспорта ROW-B,C:</p> <p>ЭПП.4 соотношение среднего времени, затраченного на поездку с деловыми целями во время пиковой загрузки УДС и в период «свободного» движения</p> | <p>Для всей системы ОТ или отдельного вида транспорта:</p> <p>ЭПЭ.1 технологическая энергоёмкость, учитывающая, в том числе, и энергозатраты при обслуживании подвижного состава.</p> <p>В процессе движения для электротранспорта:</p> <p>ЭПЭ.1.1 удельное (на ед. транспортной работы) потребление электроэнергии;</p> <p>для автомобильного транспорта:</p> <p>ЭПЭ.1.2 удельное потребление моторного топлива.</p> | <p>При обслуживании транспортных средств:</p> <p>ЭПР.1 удельное потребление воды на стационарных объектах транспорта (на обслуживание одного посадочного места);</p> <p>ЭПР.2 доля отходов транспортных предприятий, подвергаемых рециклингу.</p> | <p>Для всей системы ОТ:</p> <p>ЭЭ.1 соотношение стоимости ежедневных передвижений с деловыми целями на ОТ и личном а/т (учитывая стоимость парковки);</p> <p>Для отдельных видов транспорта:</p> <p>ЭЭ.2.1 доля эксплуатационных расходов, покрываемая за счёт оплаты проезда;</p> <p>ЭЭ.2.2 доля пассажиров, имеющих льготы на проезд в ОТ, возмещаемые транспортными предприятиями</p> <p>ЭЭ.3 соотношение заработной платы в системе ОТ и среднего уровня заработной платы в городе</p> |
| Показатели управления работой общественного транспорта, определяющие его эффективность   |   |   |  |
| <p>К.1 распределение передвижений по видам (немоторизованные, на личном автотранспорте, на ОТ);</p> <p>К.2 среднее время перемещения с деловыми целями на ОТ;</p> <p>К.3 отклонение от оптимальной плотности маршрутной сети ОТ;</p> <p>К.4 доля длины всех маршрутов, обслуживаемая скоростными видами ОТ;</p> <p>К.5 доля длины всех маршрутов не скоростного транспорта с обеспечением приоритета движения ОТ (выделенные полосы, адаптивное светофорное регулирование и т.п.)</p>                |   |   |  |

Продолжение таблицы 10.1






|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| Безопасность передвижений  |  |   |   |
| Показатели соответствующих составляющих критерия   |  |   |   |
| Безопасность пассажиров и персонала общественного транспорта   |  | Безопасность других участников движения   |   |
| БПП.1 число смертей в ДТП среди пассажиров и персонала ОТ по отношению к транспортной работе (например, на 100 тыс. пасс. км);<br>БПП.2 количество случаев получения тяжкого вреда здоровью в ДТП среди пассажиров и персонала ОТ по отношению к транспортной работе (на 100 тыс. пасс. км);   |  | БУД.1 число смертей в ДТП с ОТ среди других жителей города (на 100 тыс. жителей);<br>БУД.2 количество случаев получения тяжкого вреда здоровью в ДТП с ОТ среди других жителей города (на 100 тыс. жителей) |   |
| Б.3 разделение 100% происшествий, приведших к гибели или получению вреда здоровью по причинам:<br>— неисправность транспортных средств ОТ;<br>— ненадлежащее состояние транспортных коммуникаций (включая средства управления движением);<br>— ошибки персонала транспорта;<br>— причины, не связанные с нарушениями в работе ОТ (ДТП по вине третьих лиц) |  |   |   |
| Привлекательность общественного транспорта   |  |   |   |
| Показатели соответствующих составляющих критерия   |  |   |   |
| Оптимизация затрат времени   | Комфортность поездки   | Удобство оплаты поездки   | Доступность необходимой информации и её качество  |
| ПВ.1 соотношение времени передвижения в час пик на ОТ и личном автотранспорте;<br>ПВ.2.1 доля рейсов ОТ, осуществлённых с опозданием не выше 2 минут от общего числа рейсов (СТОННТ);  | Основной показатель:<br>ПК.1 удовлетворённость пассажиров комфортностью поездки<br>показатели для транспортных предприятий:<br>ПК.2.1 доля рейсов ОТ, в которых заполнение салона не превышало нормативного; | ПО.1 доля поездок, оплаченных с помощью абонементных способов оплаты<br>ПО.2 доля поездок, оплачиваемых с помощью электронных документов и сервисов   | Для всей системы:<br>ПИ.1.1 наличие информационных сервисов, позволяющих планировать перемещения на ОТ в режиме реального времени<br>ПИ.1.2 полнота информации, предоставляемая этими сервисами;<br>ПИ.1.3 доля достоверной информации, предоставляемая сервисами;<br>для управления различными видами ОТ:<br>ПИ.2.1 доля остановочных пунктов, соответствующих нормативу (СТОННТ); |

Продолжение таблицы 10.1

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <p>ПВ.2.2 среднее квадратическое отклонение от расписания, оцениваемое с помощью моделирования</p>                                    | <p>П.2.2 доля рейсов ОТ, в которых температура в салоне соответствовала нормативной (СТОННТ)</p>   |  | <p>ПИ.2.2 доля остановочных пунктов, оборудованных устройствами отслеживания движения ОТ в реальном времени;<br/>ПИ.2.3 доля подвижного состава, оборудованного устройствами информирования пассажиров о движении по маршруту в реальном времени</p>   |
| <p>Экологическая безопасность общественного транспорта</p>  |  |  |  |
| <p>Показатели соответствующих составляющих критерия</p>   |  |  |  |
| <p>Уровень глобального негативного воздействия на окружающую природную среду (климатические изменения)</p>                            | <p>Уровень воздействия на городскую среду</p>  |  | <p>Уровень воздействия на пассажиров и персонал общественного транспорта</p>   |
| <p>СП.1 удельный (на единицу транспортной работы) выброс «климатических газов» в CO<sub>2</sub> эквиваленте с учётом WTW-выбросов</p> | <p>СГ.1.1 доля транспортной работы ОТ, совершаемой с «ноль-выбросом» в процессе движения;<br/>СГ.1.2. доля транспортной работы, выполняемой тр. средствами, экологический класс которых соответствует установленному стандарту (в настоящее время Евро-IV);<br/>СГ.1.3 доля транспортной работы, выполняемой тр. средствами, экологический класс которых выше установленного стандарта.<br/>Для стационарных объектов:<br/>СГ.2.1 долей сточных вод стационарных объектов ОТ, очищенных до нормативных показателей;<br/>СГ.2.2 удельный выброс и удельное образование отходов (на обслуживание одного посадочного места в подвижном составе)</p> |  | <p>СВ.1 уровень шумового воздействия и ЭМП на станциях и в вагонах метрополитена;<br/>СВ.2 доля измерений, зафиксировавших превышение ПДК вредных примесей, определяемых функционированием подземного транспорта, в воздушной среде на станциях метрополитена;<br/>СВ.3 соотношение среднегодовых концентраций твёрдых частиц (PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10</sub>) на остановках ОТ и в среднем по городу;<br/>СВ.4 соотношения уровня шумового воздействия на остановках ОТ и в среднем по городу;<br/>СВ.5 соотношение ср. год. конц. характерных загрязнителей вблизи ТП и в среднем по городу;<br/>СВ.6 соотношение уровня физ. факторов воздействия вблизи ТП и в среднем по городу</p> |

Взаимозависимость основных критериев устойчивости с привлекательностью ОТ как для передвижений, так и как места работы, а также взаимосвязь основных целей и задач управления, конкретизирующих эти цели, приведена в X-матрице на рисунке 10.1.

Обозначения, применяемые в X-матрице:

-  - прямое воздействие
-  - опосредованное воздействие
-  - решение соответствующей задачи непосредственно влияет на данную цель
-  - решение соответствующей задачи опосредовано влияет на данную цель
-  - решение соответствующей задачи требует дополнительных мер для обеспечения выполнения цели

Устойчивый пассажиропоток - необходимое условие существования системы ОТ. При этом высокий уровень наполняемости транспортных средств обеспечивает его эффективность во всех аспектах, а также является одним из условий снижения негативного воздействия транспортных потоков на городскую среду (экологические аспекты безопасности) и окружающую среду в более глобальном смысле. Привлекательность системы ОТ как места работы способствует тому, чтобы персонал транспорта поддерживал необходимый уровень квалификации, а также непрерывно повышал её. Это касается, в том числе, и уровня экологической культуры всех работников, начиная с системы управления ОТ и отдельными транспортными предприятиями. Формированию экологического мировоззрения всех жителей города способствует соответствующая информационная среда. Кроме того, доступность и достоверность информации о системе ОТ, информационные сервисы, помогающие спланировать поездку с использованием различных видов ОТ, а также системы информирования пассажиров во время поездки также способствуют привлечению дополнительных пассажиров. Универсальная доступность и безопасность передвижения являются основными факторами формирования устойчивого пассажиропотока, а также его увеличения.

|  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|--|--|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
|  |  |  | Универсальная доступность   | ● | ● | ● | ● |   |   |   |   | ● | ● |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Эффективность   | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Безопасность  | ● | ▼ |   |   | ● |   |   |   |   |   | ○ |   | ● | ● |   |   |   |  |
|  |  |  | Экологическая безопасность  | ● | ● |   |   | ● | ● | ● |   | ○ | ○ | ○ |   |   |   | ● | ● | ● |  |
|  | Повышение привлекательности передвиж. на | <p style="text-align: center;">Основные критерии устойчивости</p> <p style="text-align: center;">Необходимые условия существования системы ОТ</p> <p style="text-align: center;">Задачи управления, конкретизирующие основные цели</p> <p style="text-align: center;">Основные цели управления</p> | Сокращение расстояния перемещения с деловыми целями                     | ● | ● |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  | Повышение привлекательности работы на    |  | Увеличение скорости передвижения  | ● |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  | Повышение качества информации об ОТ      |  | Сокращение времени пересадки, посадки-высадки                           | ● |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Снижение времени ожидания ОТ  | ● |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Сокращение УПР в процессе движения                                      | ● |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Сокращение УПР на объектах транспортной инфраструктуры                  | ● |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Повышение доли отходов ТП, подвергаемых рециклингу                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Повышение доли окупаемости операционных расходов ОТ                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Повышение мобильности мало мобильных групп населения                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Поддержание социально приемлемого уровня расходов на ОТ в бюджете семьи |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Поддержание приемлемого уровня з/п работников транспорта                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Снижение количества ДТП с участием ОТ                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Снижение числа пострадавших в ДТП                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Снижение уровня травматизма и проф. заболеваний у работников транспорта |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Снижение УВ в процессе движения   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Снижение УС, УВ и УО на объектах транспортной инфраструктуры            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Снижение воздействия физических факторов на городскую среду             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Сокращение потерь времени на перемещение                                | ● | ● | ● | ● |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Повышение эффективности потребления ресурсов                            | ● |   |   |   |   | ● | ● | ● | ● | ○ |   |   |   |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Повышение эффективности использования финансовых ресурсов               | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |  |
|  |  |  | Повышение уровня безопасности передвижений                              | ● | ▼ |   |   |   |   |   |   |   |   | ○ | ● | ● |   |   |   |   |  |
|  |  |  | Повышение уровня безопасности работников транспорта                     | ● | ▼ |   |   |   |   |   |   |   |   | ○ | ● | ● | ● |   |   |   |  |
|  |  |  | Снижение негативного воздействия на городскую среду                     | ● |   |   |   |   | ○ | ○ | ○ |   |   | ○ | ○ |   |   | ● | ● | ● |  |

Рисунок 10.1 – Целевая модель управления развитием общественного транспорта



Далее следует рассмотреть функции управления ОТ, позволяющие решать задачи управления его устойчивым развитием, а также показатели, на изменение которых влияет реализация данных функций управления. Необходимо подчеркнуть, что между целями, задачами и функциями нет взаимно однозначного соответствия: для решения каждой из задач управления необходимо реализовывать несколько функций, при этом реализация каждой из функций влияет на выполнение нескольких задач управления и, следовательно, необходима для реализации целей управления. Кроме того, мы не будем рассматривать все те функции, реализация которых необходима для поддержания функционирования системы, обращая внимание, обращая особое внимание на функции, способствующие устойчивому развитию системы общественного транспорта. Также следует подчеркнуть, что в данном отчёте рассматриваются укрупнённые функции, которые реализуются через стандартные подфункции управления. Взаимосвязь задач и функций управления, показатели устойчивого развития, позволяющие оценивать движение в сторону основных целей, а также уровни управления, на которых осуществляются данные функции, приведены в таблицах 10.2-10.6. Следует отметить, что показатели устойчивого развития (сокращения по таб. 10.1) не всегда напрямую отражают успешность реализации конкретной функции, в основном они отражают результат системы воздействий, состоящей из нескольких функций, реализуемых одновременно.

Поэтому для различных уровней управления и управляемых подсистем необходимы также дополнительные наборы показателей, в том числе показателей успешности управляющих воздействий в соответствующей сфере ответственности.

В таблицах применяются следующие сокращения:

УР - устойчивое развитие;

ГТС – городская транспортная система;

СОТ – система общественного транспорта;

ТК – транспортные коммуникации;

ТП – транспортные предприятия;

ИС – информационная среда;

ТрС – транспортная система;

ОДД – организация дорожного движения;

УВ – удельные выбросы;

УС – удельные сбросы;

УО – удельный объём отходов.

Таблица 10.2 – Конкретизация целевой модели для цели «сокращение потерь времени на перемещение»

|   |  |        |                |              |                |                 |                 |                     |            |            |            |            |
|---|--|--------|----------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|
| Сокращение расстояния перемещения с деловыми целями   | К.2,<br>К.3<br>ЭПП.1<br>ТД. 1-6  | ТД.1-6 | ТД.3-6         |              |                |                 |                 | ТД. 1-6             |            |            | ПИ.1.1-1.3 | ПИ.1.2-1.3 |
| Увеличение скорости передвижения ОТ   | К.4-5,<br>ЭПП.2  |        | К.2,<br>К.3    | К.5<br>ЭПП.4 | К.5<br>ЭПП.2   | К.2,<br>ЭПП.1-2 | К.2,<br>ЭПП.1-2 | ЭПП.2               |            |            |            |            |
| Сокращение времени, проведённого ОТ на остановке  | ЭПП.2  |        | ЭПП.1<br>ЭПП.2 | К.5          |                | К.2,<br>ЭПП.1-2 | К.2,<br>ЭПП.1-2 | ЭПП.2<br>ФД.2.1-2.2 |            |            |            |            |
| Сокращение времени ожидания ОТ  |  | ТД.1-6 |                | К.5<br>ЭПП.4 | ЭПП.4<br>ЭПП.1 |                 |                 |                     | ПВ.2.1-2.2 | ПВ.2.1-2.2 | ПИ.1-2     | ПИ.1.2-1.3 |
| <div style="text-align: center;">↑</div> <p>Задачи управления для цели «сокращение потерь времени на перемещение»</p> | <p>Оптимизация маршрутной сети</p> <p>Оптимизация размещения остановочных пунктов <i>с учётом их проп. способности</i></p> <p>Развитие скоростного ОТ</p> <p>Выделение полос для ОТ</p> <p>Адаптивное светофорное регулирование с приоритетом ОТ</p> <p>Обеспечение надлежащего состояния транспортных средств ОТ</p> <p>Обеспечение надлежащего состояния транспортных коммуникаций</p> <p>Создание и обслуживание ТПУ</p> <p>Согласование расписаний различных видов транспорта</p> <p>Обеспечение соблюдения расписания движения</p> <p>Обеспечение (стимулирование) развития информационных сервисов «до» и «во время»</p> <p>Обеспечение достаточного уровня информирования о существенных изменениях в работе ОТ</p> |        |                |              |                |                 |                 |                     |            |            |            |            |
| <p>Функции управления →</p>   |  |        |                |              |                |                 |                 |                     |            |            |            |            |
| <p>Уровни управления ↓</p>  |  |        |                |              |                |                 |                 |                     |            |            |            |            |
| Управление ГТС  |  |        | ●              | ●            | ●              |                 |                 | ●                   |            |            |            |            |
| Управление ТК   |  |        | ●              |              |                |                 | ●               |                     |            |            |            |            |
| Управление СОТ  | ●  | ●      |                |              |                | ●               | ●               | ●                   | ●          | ●          | ●          | ●          |
| Управление ТП   |  |        |                |              |                | ●               |                 |                     |            |            |            |            |
| Управление ИС   | ●  |        |                |              |                |                 |                 |                     |            |            | ●          | ●          |

Таблица 10.3 – Конкретизация целевой модели для цели «Повышение эффективности использования финансовых ресурсов»

|   |  |      |        |                |              |              |                 |              |      |      |                |                  |   |
|---|--|------|--------|----------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|------|------|----------------|------------------|---|
| Поддержание соц. приемлемого уровня расходов на ОТ в бюджете семьи  | ЦД.1<br>ЭЭ.1   |      | ЭЭ.2   |                |              | ПО.1         |                 |              |      |      |                |                  |   |
| Поддержание соц. приемлемого уровня зарплат на транспорте   |  |      |        |                |              |              |                 |              |      | ЭЭ.3 |                |                  |   |
| Повышение доли окупаемости операционных расходов ОТ   | ЦД.1   | ЭЭ.1 | ЭЭ.2.2 | ЭЭ.1<br>ЭЭ.2.1 | ПО.1<br>ПО.2 | ПО.1<br>ПО.2 | ЭПП.3<br>ПК.2.1 | ПИ.1<br>ПИ.2 | ПИ.1 |      |                |                  |   |
| Повышение мобильности маломобильных групп населения   |  |      |        |                |              |              |                 |              |      |      | ФД.1<br>ФД.2.1 | ФД.1.2<br>ФД.2.2 |   |
| <p style="text-align: center;">↑</p> Задачи управления для цели «Повышение эффективности использования финансовых ресурсов» | Оптимизация тарифов общественного транспорта<br><br>Контроль обоснованности уровня субсидирования ОТ<br><br>Обеспечение покрытия затрат на перевозку льготных категорий жителей города<br><br>контроль оплаты проезда на общественном транспорте<br><br>обеспечение удобства оплаты проезда на общественном транспорте<br><br>Обеспечение оплаты по единому электронному проездному документу<br><br>Обеспечение оптимальной наполняемости транспортных средств;<br><br>обеспечение (стимулирование) развития информационных сервисов «до» и «во время» поездки<br><br>Обеспечение достаточного уровня информирования о существенных изменениях в работе ОТ<br><br>Обеспечение достаточного уровня заработной платы персонала транспорта<br><br>Обеспечение останков ОТ оборудованием, необходимым для мало-мобильных групп населения<br><br>Обеспечение транспортных средств ОТ оборудованием, необходимым для мало-мобильных групп |      |        |                |              |              |                 |              |      |      |                |                  |   |
| Основные функции управления →   |  |      |        |                |              |              |                 |              |      |      |                |                  |   |
| Уровни управления ↓   |  |      |        |                |              |              |                 |              |      |      |                |                  |   |
| Управление устойчивым развитием города  | ●  | ●    | ●      |                | ●            | ●            | ●               |              |      | ●    |                |                  |   |
| Управление общественным транспортом   | ●  |      |        | ●              | ●            | ●            | ●               | ●            | ●    | ●    | ●              | ●                | ● |
| Управление информационной средой  |  |      |        |                |              |              | ●               | ●            | ●    |      |                |                  |   |

Таблица 10.4 – Конкретизация целевой модели для целей, связанных с безопасностью

|  |   |  |  |   |  |  |   |  |   |   |    |  |
|--|---|--|--|---|--|--|---|--|---|---|----|--|
|  | Снижение количества ДТП с ОТ  |  | БПП.1,2<br>БУД.1,2<br>БЗ   | БЗ<br>К5  | БЗ<br>К5   |  |   |  | БПП<br>БУД<br>БЗ  | БЗ  | БЗ |  |
|  | Снижение числа пострадавших в ДТП с ОТ  | БПП.1,2<br>БУД.1,2   |  |   |  | БЗ   | БЗ  | БЗ   |   |   |    |  |
|  | Снижение уровня травматизма и проф. заболеваний персонала ОТ  |  |  |   |  |  |   |  |   |   |    |  |
| <p style="text-align: center;">↑</p> <p>Основные задачи управления, соответствующие целям «Повышение уровня безопасности передвижений» и «Повышение уровня безопасности работников транспорта»</p> | <p style="text-align: center;">↑</p> <p>Контроль соблюдения норм. требований по безопасности, создаваемой, модернизируемой или функционирующей ТИ для ОТ. в т.ч. и для м.-м. групп нас.</p> | <p style="text-align: center;">↑</p> <p>Обеспечение безопасности пешеходов передвижений на ТПУ и при подходе к остановкам, в т.ч. и для м.-м. групп нас.</p> | <p style="text-align: center;">↑</p> <p>Выделение полос для ОТ на УДС при сущ. пассажиропотоке</p> | <p style="text-align: center;">↑</p> <p>Адаптивное светофорное регулирование с приоритетом ОТ</p> | <p style="text-align: center;">↑</p> <p>Обеспечение надлежащего технического состояния транспортных коммуникаций</p> | <p style="text-align: center;">↑</p> <p>Обеспечение надлежащего технического состояния транспортных средств ОТ</p> | <p style="text-align: center;">↑</p> <p>Обеспечение своевременной помощи пострадавшим в ДТП</p> | <p style="text-align: center;">↑</p> <p>контроль соблюдения норм безопасности при перевозке пассажиров</p> | <p style="text-align: center;">↑</p> <p>контроль соблюдения надлежащих условий труда персонала транспорта</p> | <p style="text-align: center;">↑</p> <p>Обеспечение выполнения всех необходимых технологических операций персоналом, обладающим соответствующей квалификацией</p> |    |  |
| <p style="text-align: center;">→</p> <p>Основные задачи управления</p>   |   |  |  |   |  |  |   |  |   |   |    |  |
| <p style="text-align: center;">↓</p> <p>Уровни управления</p>  |   |  |  |   |  |  |   |  |   |   |    |  |
| Управление УР города   | ●   | ●  |  |   |  |  | ●   |  |   |   |    |  |
| Управление подготовкой персонала транспорта  | ●   |  |  |   |  | ●  | ●   | ●  | ●   |   | ●  |  |
| Управление ГТС   |   | ●  |  |   |  |  |   | ●  | ●   | ●   | ●  |  |
| ОДД  |   |  |  |   | ●  |  |   |  |   |   |    |  |
| Управление ТК  |   | ●  | ●  |   | ●  |  |   |  |   |   |    |  |
| Управление ТП  |   |  |  |   |  | ●  |   |  |   | ●   | ●  |  |

Таблица 10.5 – Конкретизация целевой модели для цели «Повышение эффективности потребления ресурсов»

|  |  |   |  |  |  |   |   |  |   |  |
|--|--|---|--|--|--|---|---|--|---|--|
| Сокращение УПР в процессе движения   | ЭПП.3  | ЭПЭ.1   | ЭПЭ1.1<br>ЭПЭ. 1.2   |  |  |   |   |  | ЭПЭ.1<br>ЭПЭ.1.1-1.2  |  |
| Сокращение УПР на объектах транспортной инфраструктуры                             |  | ЭПЭ.1.1<br>ЭПЭ. 1.2   | ЭПЭ.1  |  |  | ЭПР. 1  |   |  | ЭПР.1-2   |  |
| Повышение доли отходов ТП, подвергаемых рециклингу                                 |  |   |  |  |  |   |   | ЭПР.2  |   |  |
| Основные задачи управления для цели «Повышение эффективности потребления ресурсов» | Обеспечение оптимальной наполняемости транспортных средств | Стимулирование экономии ресурсов в процессе движения с сохранением комфортности поездки | Обеспечение надлежащего технического состояния транспортных средств ОТ | Обеспечение надлежащего технического состояния транспортных коммуникаций | Контроль энергоэффективности стационарных объектов системы ОТ; | Стимулирование экономии ресурсов с сохранением качества выполнения операций | Стимулирование внедрения оборотного водоснабжения | Организация сбора и рециклинга отходов транспортного комплекса | Стимулирование создания и внедрения подвижного состава и др. технических средств на основе рециклируемых материалов | Обеспечение выполнения технологических операций персоналом, обладающим соответствующей квалификацией |
| Основные функции управления  |  |   |  |  |  |   |   |  |   |  |
| Уровни управления  |  |   |  |  |  |   |   |  |   |  |
| Управление ТрС государства   | ●  |   |  |  |  |   |   | ●  | ●   |  |
| Управление подготовкой специалистов  |  | ●   | ●  | ●  | ●  | ●   | ●   | ●  | ●   |  |
| Управление обр. с отходами   |  |   |  |  |  |   | ●   |  | ●   |  |
| Управление УР города   | ●  |   |  |  | ●  | ●   | ●   | ●  | ●   |  |
| Управление СОТ   | ●  | ●   | ●  | ●  |  |   |   | ●  | ●   |  |
| Управление ТК  | ●  | ●   |  | ●  |  |   |   |  | ●   |  |
| Управление ТП  | ●  | ●   | ●  |  | ●  | ●   | ●   |  | ●   |  |
| Управление ИС  | ●  | ●   |  |  |  |   |   |  | ●   |  |

Таблица 10.6 – Конкретизация целевой модели для цели «Снижение негативного воздействия на городскую среду»

|   |   |      |            |           |           |                             |                  |                 |                   |    |  |             |   |
|---|---|------|------------|-----------|-----------|-----------------------------|------------------|-----------------|-------------------|----|--|-------------|---|
| Снижение удельных выбросов в процессе движения  | СП.1, К.5   | К.4, | СГ.1.1-1.3 | СП.1 СВ.2 | СП.1 СВ.3 |                             |                  |                 |                   |    |  |             |   |
| Снижение УВ, УС и УО на объектах транспортной инфраструктуры  |   |      |            |           |           | СП.1, СГ.2.1-2.2 СВ.5, СВ.6 | СВ.5 СГ.2.1,2 .2 |                 | СГ.2.1,2,2 СВ.1-6 | СВ |  | СП.1 СГ, СВ |   |
| Снижение воздействия физических факторов на городскую среду   | СВ.1, СВ.4, СВ.6  |      |            | СВ.1 СВ.4 | СВ.1 СВ.4 | СВ.6                        |                  | СВ.1 СВ.4, СВ.6 | СП.1, СГ, СВ      |    |  |             |   |
| <p style="text-align: center;">↑</p> <p>Основные задачи управления для цели «Снижение негативного воздействия на городскую среду»</p> | <p>Обеспечение приоритета более экологически устойчивых видов ОТ</p> <p>Обеспечение создания и обслуживания инфраструктуры для более экологически устойчивых</p> <p>Стимулирование использования более эффективного подвижного состава</p> <p>Обеспечение надлежащего состояния транспортных средств ОТ</p> <p>Обеспечение надлежащего состояния транспортных коммуникаций</p> <p>Стимулирование повышения эк. эффективности функционирования транспортных предприятий</p> <p>Контроль выбросов и сбросов транспортных предприятий</p> <p>Контроль физических факторов воздействия транспорта на городскую среду</p> <p>Обеспечение выполнения технологических операций персоналом, обладающим соответствующей квалификацией</p> <p>Мониторинг состояния окружающей среды в зонах влияния транспортных объектов</p> |      |            |           |           |                             |                  |                 |                   |    |  |             |   |
| <p>Основные функции управления</p> <p style="text-align: center;">→</p>   |   |      |            |           |           |                             |                  |                 |                   |    |  |             |   |
| <p>Уровни управления</p> <p style="text-align: center;">↓</p>   |   |      |            |           |           |                             |                  |                 |                   |    |  |             |   |
| УР города   |   |      | ●          |           |           | ●                           |                  |                 |                   | ●  |  | ●           |   |
| Управление качеством ГС   |   |      |            |           |           |                             | ●                | ●               |                   | ●  |  | ●           |   |
| Управление подготовкой специалистов   | ●   | ●    | ●          | ●         | ●         | ●                           | ●                | ●               | ●                 | ●  |  | ●           | ● |
| Управление УР ГТС   | ●   | ●    | ●          |           |           |                             |                  |                 |                   |    |  | ●           |   |
| Управление СОТ  | ●   |      |            | ●         | ●         |                             | ●                |                 |                   |    |  | ●           |   |
| Управление ТК   |   |      |            |           | ●         |                             |                  |                 | ●                 |    |  | ●           |   |
| Управление ТП   |   |      |            | ●         |           | ●                           | ●                |                 | ●                 |    |  | ●           | ● |

Таким образом, на основании проведённых исследований, в соответствии с базовыми ориентирами устойчивой мобильности и всеми их составляющими построена функционально-целевая модель управления устойчивым развитием общественного транспорта. Основная X-матрица стратегии позволяет установить цели управления и задачи, решение которых обеспечивает достижение этих целей, причём большинство задач управления соответствует сразу нескольким целям и базовым ориентирам. В основную матрицу введена также привлекательность общественного транспорта как способа осуществления ежедневных перемещений жителей города, а также его привлекательность как места работы, поскольку именно привлекательность является необходимым базовым условием существования системы, а также важным условием для движения в сторону базовых ориентиров, взаимосвязь с которыми также выявлена и представлена в X-матрице.

Дальнейшее развёртывание целевой модели от задач к основным обобщённым функциям управления позволяет проследить взаимосвязь между реализацией этих функций и решением задач управления, а также уровнями управления, на котором эти задачи решаются. Кроме того, систематизированный набор основных показателей соответствия состояния системы общественного транспорта базовым ориентирам устойчивой мобильности, как одного из условий устойчивого развития города, также введён в модель управления. Функционально-целевую модель можно считать также наиболее общей информационной, поскольку она устанавливает связь между целями, задачами и функциями управления, а также информацией, в виде набора показателей устойчивого развития городского общественного транспорта, по изменению значения которых можно оценить успешность решения задач управления через реализацию функций.

Данная модель может быть фундаментом создания эффективной целенаправленной системы управления развитием общественного транспорта в крупных городах. Она позволяет при принятии управленческих решений учитывать не только факторы, влияющие на экономическую эффективность, но и эколого-социальные и эколого-экономические аспекты. Таким образом, в данном отчёте впервые изложены основы концепции управления устойчивым развитием городского общественного транспорта.

Результаты исследований обсуждались на заседаниях и семинарах Объединённого научного совета по междисциплинарным проблемам транспортных систем, доложены на Международных конференциях и форумах, а также нашли отражения в публикациях в научных изданиях.

Публикации по результатам исследований:

– В.Я.Шевченко, О.А.Шилова, Т.Ф.Кочина, Л.Д.Барина, О.В.Белый, Ресурсосбережение и безопасность на транспорте за счёт внедрения экологически безопасных защитных покрытий/ Вестник РАН, 2019, том №45, №1, с.3-15

– Л.Д.Барина, Л.Э.Забалканская, Развитие транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга с использованием подземного пространства/ ж. «Тенденции развития науки и образования», январь 2019, №46 часть 6, с.48-52

– Барина Л.Д., Белый О.В., Забалканская Л.Э. «Оценка экологически устойчивого развития городского общественного транспорта»/ ж. Транспорт РФ №2(81) 2019, с.31-35

– Белый О.В., Барина Л.Д., Забалканская Л.Э., «Сравнительный анализ рейтингов устойчивой городской мобильности в международных оценочных системах»/ журнал ВИНТИ «Транспорт: наука, техника управление» №8, 2019, с.13-21

– Белый О.В., Барина Л.Д., Забалканская Л.Э. «Обоснование выбора вида общественного транспорта для новых городских районов»//Сборник докладов IV Международной Научно-практической конференции "Транспортное планирование и моделирование" 11-12.04.2019 г. СПб

Конференции, организованные при участии Объединённого научного совета по междисциплинарным проблемам транспортных систем СПбНЦ РАН:

– XVIII Международная научно-практическая конференция «Логистика: современные тенденции развития» 4-5.04.2019г., СПб ГУМФ, СПб НЦ РАН, СПб ГАСУ

– IV Международная научно-практическая конференция «Транспортное планирование и моделирование» 11-12.04.2019г. СПб ГАСУ, СПб НЦ РАН, МАДИ

Выступления на конференциях:

– Доклад «Обоснование выбора вида общественного транспорта для новых городских районов» на Пленарном заседании IV Международной Научно-практической конференции. «Транспортное планирование и моделирование» 11-12.04.2019г., СПб ГАСУ

– Доклад «Важнейшие принципы развития пассажирского транспорта» на IV Международном инновационном форуме пассажирского транспорта «Smart Transport», 19-21.06.2019, СПб, Экспофорум

Проведённые заседания советов:

• 15.04.2019 проведено заседание совета на тему «Магнитолевитационные транспортные системы и технологии» с участием представителей Октябрьской железной



дороги, ПГУПС, Комитета по транспорту Правительства СПб, совета кластера «РосМаглев», а также представителей других ВУЗов и организаций. Резолюции по итогам Совета направлены в Министерство транспорта РФ и и.о. губернатора Санкт-Петербурга А.Д.Беглову;

- 23.07.2019 проведено заседание совета на тему «Развитие внутригородского железнодорожного транспорта» с участием представителей Октябрьской железной дороги;

- 19.11.2019 проведено выездное заседание в Управлении Октябрьской железной дороги на тему «Перспективы развития железнодорожного узла с целью создания развитых транспортных связей между Санкт-Петербургом и Ленинградской областью в границах Санкт-Петербургской агломерации».

## **11 Актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года в области развития агропромышленного комплекса**

В 2019 году были продолжены работы в рамках госзадания, часть работ была реализована в развитие соответствующих пунктов разработанной СПбНЦ РАН Программы фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года.

Наряду с этим, в ходе выполнения работы в рамках госзадания были выявлены новые перспективные направления, которые не были включены ранее в Программу фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года.

Так, в рамках изучения бобово-ризобиального симбиоза в текущем году проводились исследования по двум направлениям:

- 1) Разработка теоретических основ создания высокоэффективных растительно-микробных систем для устойчивого сельскохозяйственного производства.
- 2) Организация эндоплазматического ретикулума в клубеньках гороха.

### **11.1 Разработка теоретических основ создания высокоэффективных растительно-микробных систем для устойчивого сельскохозяйственного производства**

В настоящее время во всем мире активно развивается «устойчивое» сельское хозяйство (от англ. *“sustainable agriculture”*), целью которого является производство полноценной, экологически чистой и оздоравливающей сельскохозяйственной продукции. Для этого должны разрабатываться, апробироваться и внедряться новые агротехнологии, направленные на получение такой продукции. Агротехнологии, используемые в земледелии должны уменьшать экологические риски, поддерживать, или даже повышать плодородие почв, обеспечивать создание новых видов сельскохозяйственной продукции. Для этого требуется активное развитие новых подходов к применению генетических ресурсов не только растений, но и микроорганизмов. Использование микроорганизмов приведет к значительному повышению разнообразия используемых генетических ресурсов и позволит активно развивать устойчивое земледелие. В настоящее время представляется, что в ходе эволюции растение научилось использовать некоторые функциональные возможности микроорганизмов для расширения своего адаптивного потенциала. В геноме растений возникали генетические факторы, позволяющие создать новые экологические ниши для микроорганизмов, и при этом гены, контролирующие проявление самой адаптации, оставались в геноме микроорганизмов. Формирование на

корнях бобовых растений симбиотических азотфиксирующих клубеньков является примером расширения растениями своего адаптивного потенциала за счет микроорганизмов. Многочисленные гены бобовых растений вовлечены в построение клубенька, а сам процесс азотфиксации контролируется генами клубеньковых бактерий – ризобий. Таким образом, представляется целесообразным широкое использование растительно-микробных систем, базирующихся на азотфиксирующем симбиозе между бобовыми растениями и ризобиями, в практике устойчивого земледелия. Это приведет к увеличению биологической азотфиксации, позволит существенно снизить энергетические затраты, улучшить физические свойства почвы и повысить ее биоразнообразие. Следует учитывать, что Бобовые являются важными пищевыми и кормовыми культурами, а в некоторых регионах – основными культурами. Широкое использование бобовых культур в качестве кормовых культур необходимо для повышения производства высококачественной молочной и мясной продукции.

Симбиотический клубенек бобовых растения создает уникальную экологическую нишу для ризобий, в которой поддерживаются микроаэробные условия для функционирования основного фермента азотфиксации – нитрогеназы, крайне чувствительной к кислороду. Бактерии в симбиотическом клубеньке размещаются в специализированных инфицированных клетках, которые в результате эндоредупликации значительно увеличиваются в размерах и способны дать приют многим тысячам бактерий. При этом бактерии отделены от цитоплазмы растительной клетки мембраной растительного происхождения с включениями бактериальных белков – симбиосомной мембраной. Бактерии дифференцируются в специализированную для азотфиксации форму – бактериоиды, которые вместе с окружающей их симбиосомной мембраной, формируют симбиосомы. Инфицированная клетка симбиотического клубенька является уникальной для бобовых растений системой, возникшей в эволюции для обеспечения адаптации растений к нехватке азота в почве и обеспечивающую их симбиотрофное питание. Она обеспечивает проживание многочисленных симбиосом и является центральным компонентом азотфиксации. Следует отметить, что механизмы, лежащие в основе способности растительной клетки к ее заполнению многочисленными симбиосомами, остаются малоизученными. В отчетном году целью исследования являлось изучение роли перестройки растительно-микробного интерфейса и изучение динамики эндоплазматического ретикулума (ЭПР) в клетках симбиотического клубенька.

Для изучения роли перестройки растительно-микробного интерфейса был проведен анализ распределения эпитопов арабиногалактанпротеин-экстензинов (AGPE) в

клубеньках гороха дикого типа и мутантов с нарушениями в развитии инфекционных нитей.

Колонизация растительных клеток ризобиями сопровождается перестройкой растительно-микробного интерфейса, которая приводит к азотфиксации в симбиотических клубеньках. В ответ на ризобиальную инфекцию растительные клетки частично модифицируют структуру и состав клеточных стенок и внеклеточного матрикса [1]. У Бобовых арабиногалактанпротеин-экстензины (AGPE) – являются ключевым компонентом внеклеточного матрикса. Они представлены семейством гидроксипролин-богатых белков, характеризующихся альтернативными экстензином и арабиногалактановыми мотивами [2]. Для иммулокализации AGPE широко используется моноклональное антитело MAC265, которое узнает гликопротеин с молекулярной массой около 95 кДа [3]. Иммулокализация с помощью MAC265 показала, что AGPEs секретируются в просвет инфекционных нитей у всех проверенных Бобовых [1].

Физические и биохимические свойства AGPE гликопротеинов предполагают, что они могут оказывать существенное влияние на колонизацию тканей растения-хозяина ризобиями. Из-за высокого содержания тирозиновых остатков, было предположено, что макромолекулы AGPE могут перекрестно сшиваться и становиться нерастворимыми при наличии перекиси водорода. Это перекрестное связывание может регулировать рост инфекционной нити как результат постепенного перехода от жидкого к твердому состоянию матрикса, содержащего AGPE [1, 5].

Предыдущие исследования с использованием антитела MAC265 выявили определенную гетерогенность распределения AGPE у мутантов с нарушениями в развитии инфекционных нитей [3]. В данном исследовании были использованы моноклональные антитела MAC204 и MAC236 для изучения дополнительных эпитопов, связанных с AGPE во время инфекции клубеньков гороха. При проведении исследования были использованы линия дикого типа SGE, две мутантные линии SGEFix--1 (*sym40*) и SGEFix--2 (*sym33-3*), а также двойная мутантная линия RBT3 (*sym33-3, sym40*) из коллекции ФГБНУ ВНИИСХМ. В работе были использованы моноклональные антитела MAC204 и MAC236 из коллекции Центра Джона Иннеса (Норидж, Великобритания) и методы иммуноэлектронной микроскопии [3].

В клубеньках линии дикого типа SGE оба эпитопа AGPE выявлялись в одинаковом количестве в матриксе инфекционных нитей и инфекционных капель (Рисунок 11.1). В клубеньках мутантной линии SGEFix--1 (*sym40*) уровень мечения MAC204 был значительно выше, чем у SGE как в инфекционных нитях, так и в инфекционных каплях,

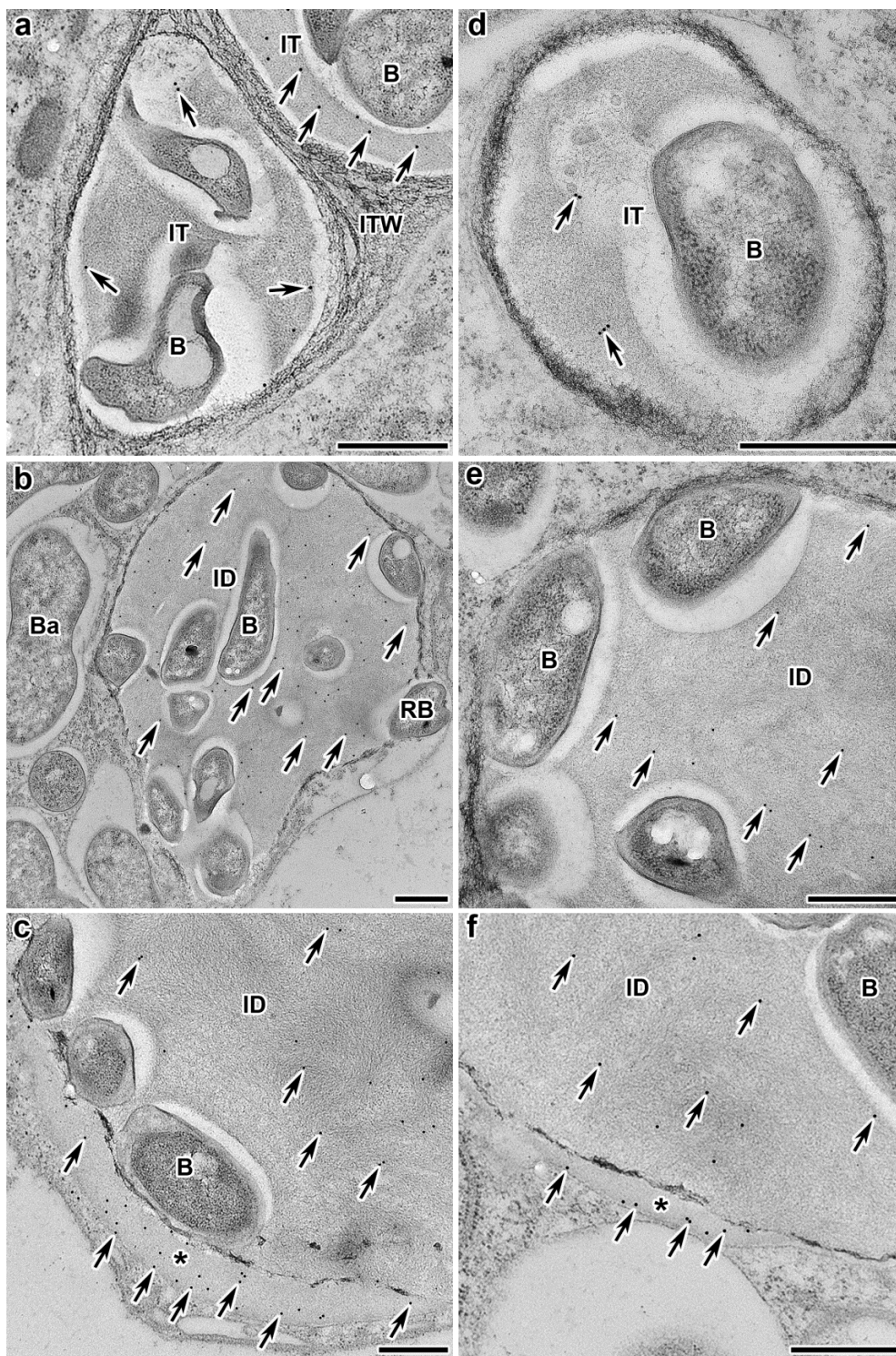
но уровень мечения MAC236 был увеличен только в инфекционных каплях (Таблица 11.1). Среди всех проанализированных генотипов относительно высокий уровень обоих эпитопов наблюдался у мутантной линии SGEFix--2 (*sym33-3*) (Таблица 11.1). У двойной мутантной линии RBT3 (*sym33-3, sym40*) наблюдался промежуточный уровень мечения обоих эпитопов в инфекционных нитях по сравнению с родительскими мутантными линиями (таблица 11.1). У мутантной линии SGEFix--1 аномальное распределение обоих эпитопов наблюдалось в матриксе межклеточного пространства. Эпитоп MAC204 был найден в клеточных стенках в клубеньках мутантной линии SGEFix--1 и стенках инфекционных нитей мутантной линии SGEFix--2, в то время как у двойной мутантной линии RBT3 данный эпитоп присутствовал в обоих типах клеточных стенок. Таким образом, мутации в генах *sym33-3* и *sym40* по-разному влияют на аккумуляцию эпитопов AGPE, распознаваемых антителами MAC204 и MAC236. Это указывает на то, что оба гена *Sym33* и *Sym40* влияют на композицию AGPE в матриксе инфекционных нитей и капель.

Таблица 11.1 – Распределение эпитопов арабиногалактанпротеин-экстензинов, меченных моноклональными антителами MAC204 и MAC236 в инфекционных структурах в двухнедельных клубеньках гороха дикого типа и мутантных

| Генотип                        | Инфекционные нити         |                           | Инфекционные капли       |                           |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
|                                | MAC204                    | MAC236                    | MAC204                   | MAC236                    |
| SGE                            | 5.10 ± 0.34 <sup>b</sup>  | 5.57 ± 0.25 <sup>ab</sup> | 8.52 ± 1.16 <sup>c</sup> | 7.20 ± 0.55 <sup>c</sup>  |
| SGEFix--1 ( <i>sym40</i> )     | 14.38 ± 0.45 <sup>d</sup> | 4.78 ± 0.13 <sup>a</sup>  | 24.42 ± 1.08             | 13.03 ± 0.91 <sup>d</sup> |
| SGEFix--2 ( <i>sym33-3</i> )   | 28.05 ± 0.92              | 22.09 ± 0.95              | nd                       | nd                        |
| RBT3 ( <i>sym33-3, sym40</i> ) | 20.65 ± 0.73              | 9.18 ± 0.52               | nd                       | nd                        |

Результаты представлены как число золотых частиц/мкм<sup>2</sup>. Показаны среднее значение ± ст. ошибка (n = 20-25). Средние значения, обозначенные одинаковыми буквами внутри колонки (a) и внутри столбца (b-d) достоверно не различаются P < 0.05.

nd, не определено.



*a-c* — MAC204; *d-f* — MAC236. IT — инфекционная нить, ITW — стенка инфекционной нити, ID — инфекционная капля, B — бактерия, RB — высвобождающаяся бактерия, Ba — бактериод, \* — вновь синтезируемый матрикс; стрелки указывают на золотые частицы. Масштабная линейка: 500 нм.

Рисунок 11.1 – Иммуноэлектронное мечение антителами, конъюгированными наночастицами коллоидного золота, показывающее распределение эпитопов арабиногалактанпротеин-экстензинов на ультратонких срезах клубеньков дикого типа SGE

Ранее мы изучили распределение AGPE, узнаваемых антителом MAC265, в клубеньках дикого типа SGE и мутантах SGEFix--1 (*sym40*) и SGEFix--2 (*sym33-3*), а также у двойного мутанта, несущего аллель *sym33-3* [3]. Было выявлено мечение эпитопа MAC265 в матриксе инфекционных нитей и капель. В данном исследовании было показано, что мечение MAC204 и MAC236 усиливалось в клубеньках SGEFix--1 (*sym40*) по сравнению с диким типом, метка обоих антител была более интенсивной в инфекционных каплях, в то же время интенсивное мечение в инфекционных нитях было характерно для MAC204, но не MAC236. Среди всех проанализированных генотипов наиболее сильное мечение в инфекционных нитях наблюдалось в клубеньках мутанта SGEFix--2 (*sym33-3*). Ранее была выявлена некоторая гетерогенность в мечении MAC265 в клубеньках мутантов, несущих аллель *sym33-3*; метка присутствовала в матриксе некоторых, но не всех инфекционных нитей (Tsyganova et al., 2009). У двойного мутанта (*sym33-3, sym40*) количество метки обоих эпитопов было промежуточным по сравнению с родительскими мутантами SGEFix--1 (*sym40*) и SGEFix--2 (*sym33-3*). Это указывает на комплементацию мутаций *sym33-3* и *sym40* в отношении накопления эпитопов AGPE, выявляемых антителами MAC204 и MAC236, в матриксе инфекционных нитей. Таким образом, хотя мутация *sym33-3* эпистатирует над мутацией *sym40* в отношении структурной организации [5], гены *Sym33* и *Sym40* могут частично участвовать в независимых путях, вовлеченных в формирование гликопротеиновых компонентов в матриксе инфекционных нитей и капель.

В предыдущем исследовании с использованием антитела MAC265 мы обнаружили доказательства нарушения секреции AGPE в просвет инфекционной нити у мутанта SGEFix--1 (*sym40*). Это вело к аккумуляции большого количества эпитопа MAC265 в межклеточном пространстве и частично сопровождалось изменением направления секреции везикул от стенок инфекционных нитей к клеточным стенкам [3]. В данном исследовании сходная аномальная секреция была выявлена в отношении эпитопа, узнаваемого MAC236, в то время как секреция эпитопа, узнаваемого MAC204, случалась не только в матрикс межклеточного пространства, но и в клеточную стенку. Более того, у двойного мутанта RBT3 (*sym33-3, sym40*), наблюдалась направленная секреция везикул, несущих эпитопы MAC204 и MAC236, к клеточным стенкам и стенкам инфекционных нитей. Ранее в клубеньках у данного мутанта был выявлен транспорт везикул, содержащих эпитоп MAC256, к клеточным стенкам [3]. Более того, у двойного мутанта RBT3 (*sym33-3, sym40*) метка MAC204 была выявлена в стенках инфекционных нитей и клеточных стенках, так же как в стенках инфекционных нитей у мутанта SGEFix--2 (*sym33-3*) и клеточных стенках клубеньков мутанта SGEFix--1 (*sym40*). Эти результаты

служат дальнейшим подтверждением того, что мутации *sym33-3* и *sym40* взаимодействуют по типу комплементации в отношении эпитопа AGPE, узнаваемых MAC204 и MAC236.

Таким образом, с использованием клубеньков мутантных линий гороха с нарушениями развития инфекционных нитей, было показано, что имеется вариация в количестве трех различных эпитопов, ассоциированных с AGPE, в матриксе инфекционных нитей и капель, что подтверждает, что специфические последовательности макромолекул AGPE играют важную роль в развитии симбиотического клубенька.

## 11. 2 Организация эндоплазматического ретикулума в клубеньках гороха

Наряду с функционированием растительно-микробного интерфейса, важную роль в функционировании инфицированной клетки, содержащей многочисленные симбиосомы – временные клеточные органеллы – играет функционирование постоянных органелл, например эндоплазматического ретикулума (ЭПР).

ЭПР образует взаимосвязанную сеть цистерн и канальцев, которые располагаются по всей цитоплазме. ЭПР играет важную роль в синтезе, модификации и транспорте белков, в биосинтезе и распределении фосфолипидов и стероидов, а также в детоксикации различных токсинов [6]). Многообразие функций ЭПР определяет разнообразие его морфологии в различных типах клеток. Так, в молодых клетках корневого чехлика и корневых волосков ЭПР представлен в основном цистернами, а в зрелых клетках растений чаще всего встречаются канальцы ЭПР. Кроме того, структура ЭПР является динамичной структурой, которая меняется от цистерн к канальцам и, наоборот, в ходе развития клетки, а также в ответ на биотические и абиотические стрессы [6].

В симбиотических клубеньках бобовых ЭПР функционирует как на ранних, так и на поздних стадиях [7, 8]. Так, показано, что в клетке корневого волоска ЭПР связывает с ядром кончик инфекционной нити, принимая участие наряду с микротрубочками в формировании цитоплазматических мостиков [7]. Для клубеньков гороха было выявлено, что в ходе дифференцировки инфицированной клетки сеть ЭПР активно развивается, однако в зоне азотфиксации количество профилей гранулярного ЭПР (ГрЭПР) уменьшается [8]. Штаммы *Rhizobium meliloti* R21 *vio-r* и R21 *tum-r* формировали неэффективные клубеньки на корнях люцерны, в которых активно развивалась сеть ГрЭПР [9]. Мутанты *R. meliloti* по генам *nifA*, *nifD*, *nifH*, *nifK* и *fixA* также формировали клубеньки в инфицированных клетках которых активно развивалась сеть ГрЭПР [10]. В то же время в неэффективных клубеньках гороха, образованных штаммом 1019 *R. leguminosarum*, профили ГрЭПР и полирибосомы встречались редко [11].



При проведении исследования были использованы линия дикого типа SGE, мутанты SGEFix<sup>-1</sup> (*sym40*), SGEFix<sup>-2</sup> (*sym33-3*), SGEFix<sup>-3</sup> (*sym26*), линия дикого типа Sprint-2, мутант Sprint-2Fix<sup>-</sup> (*sym31*) из коллекции ФГБНУ ВНИИСХМ. В работе были использованы методы просвечивающей электронной микроскопии.

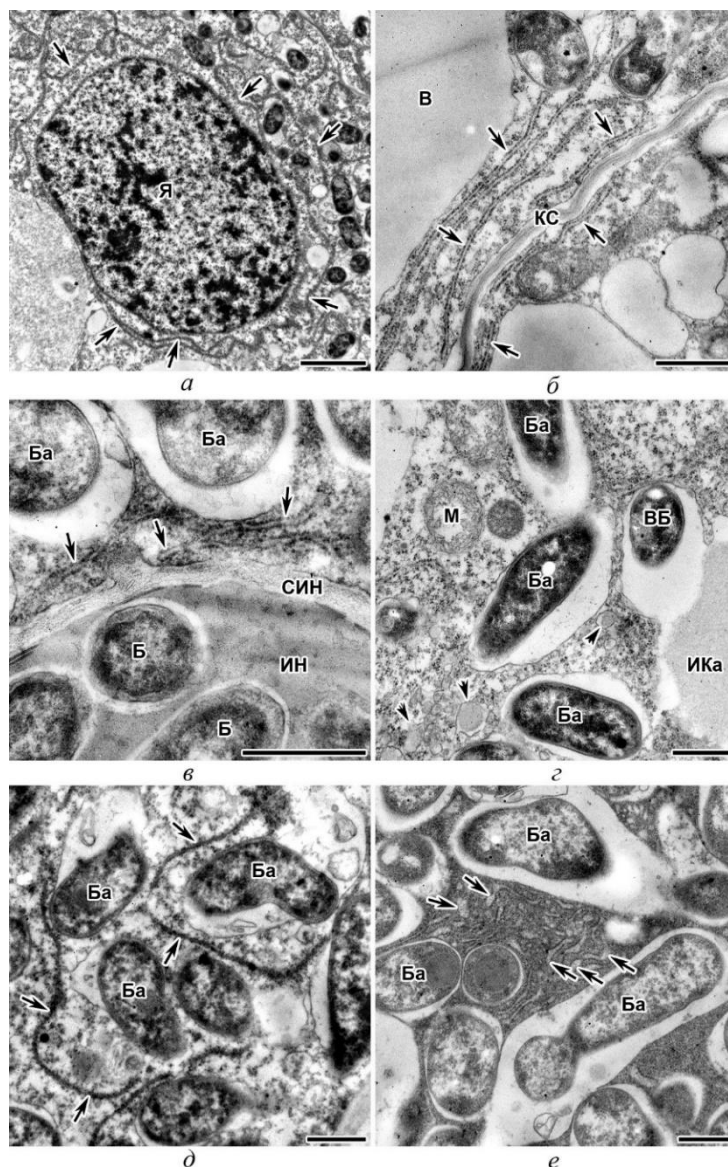
Были исследованы морфологические особенности и динамика структурных изменений ЭПР в симбиотических клубеньках гороха (*Pisum sativum* L.) дикого типа (рисунок 11.2) и мутантов, блокированных на различных стадиях развития клубенька (рисунок 11.3). ЭПР развивался от сети отдельных канальцев в меристематических клетках, к развитой сети цистерн вокруг ядра и плазмалеммы и сети гранулярных и гладких канальцев, сопровождающих инфекционные структуры в колонизированных и инфицированных клетках и симбиосомы в инфицированных клетках (рисунок 11.2). Была выявлена корреляция между уровнем развития сети ЭПР и степенью дифференцировки бактериоидов.

Ранее у гороха было показано, что сеть ГрЭПР развивалась от редких профилей в меристематических клетках, до их большого количества в зоне инфекции, где они располагались между бактериоидами (Newcomb, 1976). Однако в зоне азотфиксации в инфицированных клетках количество профилей ГрЭПР снова снижалось (Newcomb, 1976). В данном исследовании наблюдалась сходная динамика развития, но при этом не наблюдалось значительного снижения интенсивности сети ГрЭПР в зоне азотфиксации, что может быть связано как с различиями в использованных генотипах растений гороха и штаммов ризобий, так и с затрудненным выявлением профилей ЭПР в инфицированных клетках, заполненных многочисленными бактериоидами.

Мутанты гороха, формирующие неэффективные клубеньки, различались по степени развития ЭПР. Так, для мутанта SGEFix<sup>-3</sup> (*sym26*), характеризующегося формированием морфологически дифференцированных бактериоидов, подвергающихся преждевременной деградации, развитие ЭПР в инфицированных клетках клубеньков было сходно с таковым у дикого типа. В клубеньках мутанта SGEFix<sup>-1</sup> (*sym40*), формирующего гипертрофированные инфекционные капли, аномальные бактериоиды, а также в клубеньках мутанта SGEFix<sup>-2</sup> (*sym33-3*), в которых произошел выход бактерий, ЭПР был представлен протяженными канальцами, и в целом он был менее развит. В клубеньках мутанта SGEFix<sup>-2</sup> (*sym33-3*), в которых их инфекционных нитей не происходил выход бактерий, и мутанта Sprint-2Fix<sup>-</sup> (*sym31*), характеризующегося недифференцированными бактериоидами, наблюдалась наименьшая степень развития ЭПР.

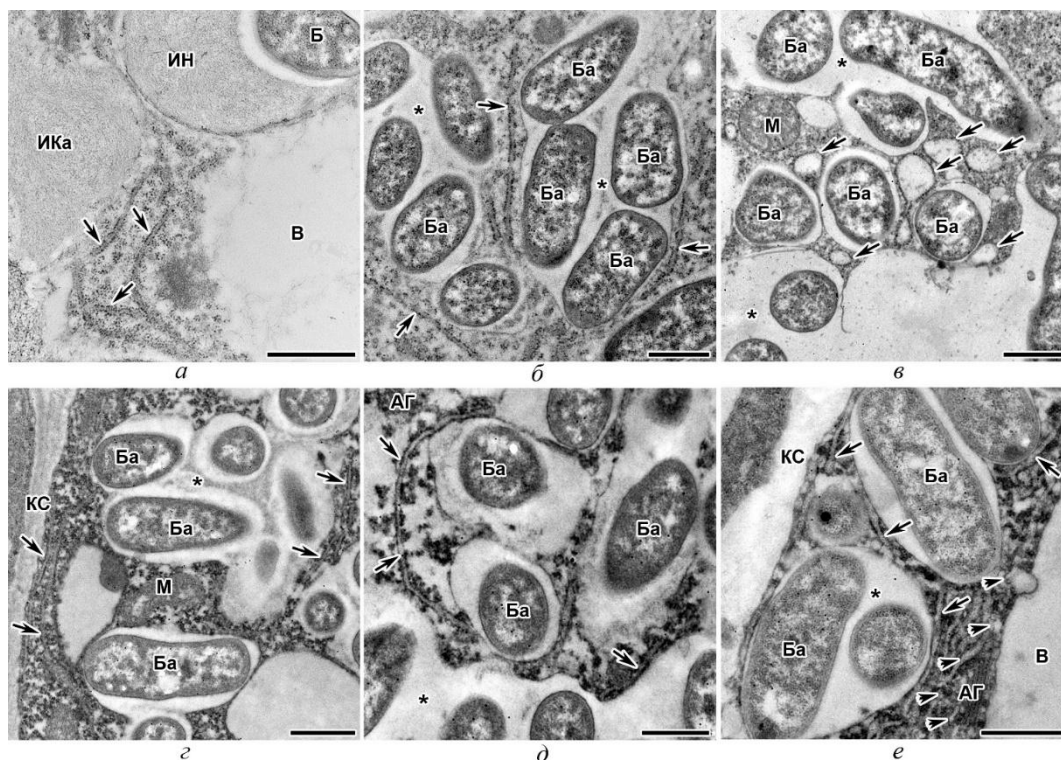
Таким образом, показано, что в клубеньках гороха при дифференцировке инфицированной клетки наблюдается постепенное формирование тонкой структуры ЭПР,

интенсивность развития которой коррелирует со степенью дифференцировки бактериоидов.



*a* — эндоплазматический ретикулум вокруг ядра; *b* — вдоль плазматической мембраны; *в* — вдоль инфекционных нитей; *г* — сеть агранулярного эндоплазматического ретикулума с материалом матрикса инфекционных капель; *д* — вокруг единичных симбиосом или группы симбиосом; *е* — расширение профилей эндоплазматического ретикулума в стареющих клетках. Я — ядро; М — митохондрия; В — вакуоль; КС — клеточная стенка; ИН — инфекционная нить; СИН — стенка инфекционной нити; ИКа — инфекционная капля; Б — бактерия; ВБ — высвобождающаяся бактерия; Ба — бактериоид; стрелки указывают на профили гранулярного ЭПР, наконечники стрелок — на профили агранулярного ЭПР. Масштабная линейка: *a* — 2 мкм, *б-е* — 500 нм

Рисунок 11.2 – Распределение эндоплазматического ретикулума в симбиотических клубеньках гороха дикого типа



*а* — вдоль вакуоли и инфекционных нитей и капель; *б* — вокруг симбиосом; *в* — расширение и фрагментация с частичной утратой рибосом профилей гранулярного ЭПР; *г* — вдоль плазматической мембраны; *д* — вокруг симбиосом; *е* — сеть агранулярного ЭПР. М — митохондрия; АГ — аппарат Гольджи; В — вакуоль; КС — клеточная стенка; ИН — инфекционная нить; ИКа — инфекционная капля; Б — бактерия; Ба — бактериод; \* — симбиосома, содержащая несколько бактериодов, окруженных одной симбиосомной мембраной; стрелки указывают на профили гранулярного ЭПР, наконечники стрелок — на профили агранулярного ЭПР. Масштабная линейка: 500 нм.

Рисунок 11.3 – Эндоплазматический ретикулум в симбиотических клубеньках гороха мутантных линий *SGEFix<sup>-1</sup>* (*sym40*) (*а-в*) и *SGEFix<sup>-2</sup>* (*sym33-3*) (*г-е*).

#### Список использованных источников

1. Brewin NJ. Plant cell wall remodelling in the *Rhizobium*–legume symbiosis. *Crit Rev Plant Sci.* – 2004. – V. 23, N 4. – P. 293-316.
2. Showalter AM, Basu D. Extensin and arabinogalactan-protein biosynthesis: glycosyltransferases, research challenges, and biosensors. *Front Plant Sci.* – 2016. – V. 7, 814.
3. Tsyganova AV, Tsyganov VE, Findlay KC et al. Distribution of legume arabinogalactan protein-extensin (AGPE) glycoproteins in symbiotically defective pea mutants with abnormal infection threads. *Cell Tissue Biol.* – 2009. – V. 3, N 1. – P. 93–102.
4. Reguera M, Abreu I, Brewin NJ et al. Borate promotes the formation of a complex between legume AGP-extensin and rhamnogalacturonan II and enhances production of *Rhizobium* capsular polysaccharide during infection thread development in *Pisum sativum* symbiotic root nodules. *Plant Cell Environ.* – 2010. – V. 33, N 12. – P. 2112-2120.

5. Tsyganov VE, Seliverstova EV, Voroshilova VA et al. Double mutant analysis of sequential functioning of pea (*Pisum sativum* L.) genes *Sym13*, *Sym33*, and *Sym40* during symbiotic nodule development. Russ J Genet: Appl Res. – 2011. – V. 1, N 5. – P. 343- 348.
6. Griffing LR, Lin C, Perico C et al. Plant ER geometry and dynamics: biophysical and cytoskeletal control during growth and biotic response. Protoplasma. – 2017. – V. 254. – P. 43-56.
7. Perrine-Walker FM, Kouchi H, Ridge RW. Endoplasmic reticulum-targeted GFP reveals ER remodeling in *Mesorhizobium*-treated *Lotus japonicus* root hairs during root hair curling and infection thread formation. Protoplasma. – 2014. – V. 251, N 4. – P. 817-826.
8. Newcomb W. A correlated light and electron microscopic study of symbiotic growth and differentiation in *Pisum sativum* root nodules. Can J Bot. – 1976. – V. 54. – P. 2163-2186.
9. MacKenzi CR, Jordan DC. Ultrastructure of root nodules formed by ineffective strains of *Rhizobium meliloti*. Can J Microb. – 1974. – V. 20. – P. 755-758.
10. Hirsch AM, Smith CA. Effects of *Rhizobium meliloti nif* and *fix* mutants on alfalfa root nodule development. J. Bacteriol. – 1987. – V. 169. – P. 1137-1146.
11. Newcomb W, Syono, K, Torrey JG. Development of an ineffective pea root nodule: morphogenesis, fine structure, and cytokinin biosynthesis. Can J Bot. – 1977. – V. 55. – P. 1891-1907.

Публикации по результатам исследования:

Tsyganova A.V., Brewin N., Tsyganov V.E. Analysis of epitope distribution of arabinogalactanprotein-extensins in pea (*Pisum sativum*) nodules of wild-type and mutants impaired in infection thread growth. Ecological Genetics. – 2019.– Т. 17. – No3. С.5-11. <https://doi.org/10.17816/ecogen1735-11>

Цыганова А.В., Цыганов В.Е. Организация эндоплазматического ретикулума в клетках эффективных и неэффективных клубеньков гороха (*Pisum sativum* L.) // Экологическая генетика. – 2019.– Т. 17. – No4. – С.5–12. <https://doi.org/10.17816/ecogen1745-12>.

Мероприятия, которые были проведены (конференции, семинары, круглые столы):

Международный конгресс «VII Съезд Вавиловского Общества генетиков и селекционеров, посвященный 100-летию кафедры Генетики СПбГУ, и ассоциированные симпозиумы» Санкт-Петербург, 18-22 июня 2019 г. (симпозиальный доклад В.Е. Цыганов)

IX Съезд общества физиологов растений России «Физиология растений – основа создания растений будущего». Казань, 19-21 сентября 2019 г. (приглашенный пленарный доклад В.Е. Цыганов)

II Объединенный научный форум, VI Съезд физиологов СНГ, VI Съезд биохимиков России, IX Российский симпозиум «Белки и пептиды». Сочи, Дагомыс, 1-6 октября 2019 г. (приглашенный симпозиальный доклад В.Е. Цыганов)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполненных в 2019 году научных исследований была осуществлена актуализация Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года, в том числе, с учетом основных направлений национальных проектов Российской Федерации, разработанных в соответствии с подписанным 7 мая 2018 года Президентом России В.В. Путиным Указом «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

В свою очередь, проведенная актуализация позволила сформировать перечни включенных в Программу фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года исследований, ориентированных на повышение эффективности реализации национальных проектов Российской Федерации. Разработанные предложения по поручениям заместителей Председателя Правительства Российской Федерации, курирующих соответствующие национальные проекты, были рассмотрены заинтересованными федеральными министерствами и ведомствами; заключения которых, включающие, в том числе, предложения по корректировке отдельных мероприятий и их параметров, а также по механизмам дальнейшего использования разработанной Программы, получены СПбНЦ РАН и будут учтены при дальнейшей доработке Программы и механизмов её реализации.

Параллельно с указанной научно-практической деятельностью, была продолжена работа по расширению апробации результатов исследований по отчетной теме государственного задания, как в части вновь выявленных, так и в части актуализации ранее включенных в проект программы исследовательских проектов, которая была проведена в рамках 43 международных и российских научных конференций, а также методом публикации 34 статей, индексируемых в российских и международных информационных базах.

Таким образом, цели и задачи, установленные на 2019 год в рамках выполнения государственного задания по теме «Разработка теории трансформации научно-инновационного пространства Санкт-Петербурга в контексте инновационного развития российской экономики с учетом теоретико-методологических основ устойчивого технологического развития региона на основе инновационно-инвестиционной деятельности и воспроизводства и формирования научно-образовательного потенциала Санкт-Петербурга» достигнуты.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Перечень включенных в Программу фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года исследований, ориентированных на повышение эффективности реализации национальных проектов Российской Федерации

#### Национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги»

#### Федеральный проект 4.2. «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства»

Целевой показатель 4.2.6: Создание и ввод в действие Реестра новых и наилучших технологий, материалов и технологических решений повторного применения и доведение доли контрактов на осуществление дорожной деятельности в рамках нацпроекта, предусматривающих использование новых технологий и материалов, включенных в Реестр, до 80% к концу 2024 г.

| N п/п | Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы                | Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация)   | Ожидаемый результат реализации мероприятия   | Срок начала реализации | Срок окончания реализации (дата контрольного события) | Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |
|-------|---|---|--|------------------------|---|---|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |   |   |  |                        |   | 2020                                    | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  | 2025   | 2026  | 2027  | 2028  | 2029  | 2030  |
| 1     | 2   | 4   | 5  | 6                      | 7   | 8                                       | 9     | 10    | 11    | 12    | 13     | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    |
| 3.2.1 | Динамика структурных превращений в сплошных средах при экстремальных воздействиях техногенного и природного характера | Руководитель проекта:<br>Петров Ю.В.<br>Чл.-корр. РАН<br>Директор НИЦ «Динамика»<br>ИПМаш РАН - СПбГУ<br>Исполнители:<br>СПбГУ,<br>СПБИПМаш РАН, ФТИ им. А.Ф. Иоффе,<br>СПбПУ Петра Великого,<br>ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей»,<br>ПГУПС | Создание фундаментальных основ, методических принципов и практических методик, нормативной и испытательной базы для надежного прогнозирования поведения сплошных сред и конструкционных материалов при экстремальных воздействиях. | 2020                   | 2030  | 133300                                  | 83300 | 83300 | 83300 | 83300 | 133300 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 |

|       |   |  |   |      |      |        |        |       |        |        |        |        |        |        |       |       |
|-------|---|--|---|------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 3.2.2 | НОЦ «Динамика»  | Александра I<br>СПбГУ, НИЦ<br>«Динамика»<br>СПбПУ Петра<br>Великого<br>ИПМаш РАН<br>ФТИ им. А.Ф.<br>Иоффе РАН<br>ПГУПС<br>Александра I<br>ЦНИИ КМ<br>«Прометей»      | Результаты, получаемые на экспериментальных комплексах Центра, могут быть применены в современных авиа- и судостроении, электро- и энергомашиностроении, во многих областях, где все более широкое применение находят новые материалы и конструкции, работающие в экстремальных условиях высокоскоростных динамических воздействий. Специалисты как академического, так и инженерного профиля в области механики и физики материалов, а также компьютерного моделирования экстремальных физических процессов. | 2019 | 2024 | 50000  | 50000  | 50000 | 50000  | 50000  |        |        |        |        |       |       |
| 4.1   | Техническое стекло. Технология, свойства, применение. | ИХС РАН, директор института, академик В.Я.Шевченко; НЦВО РАН, научный руководитель НЦВО, академик Е.М.Дианов; АО «Научные приборь», научный руководитель В.Н.Соколов | Отработка опытно-промышленной технологии производства легкоплавких халькогенидных стекол. Термохромное техническое стекло. Стекловидные покрытия для электронной техники, оптики, катализа. Пористые и нанокompозитные стекломатериалы для аналитического приборостроения, плазмоники, лазерной техники, микро-, нано-, оптоэлектроники, интегральной и волоконной оптики<br>Разработка новых активных волоконных световодов.<br>Разработка перспективных конструкций многосердцевинных                       | 2020 | 2030 | 270000 | 350000 | 80000 | 160000 | 160000 | 260000 | 190000 | 180000 | 100000 | 50000 | 50000 |



|     |   |  |  |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|---|--|--|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     |   |  | волоконных световодов.<br>Разработка волоконных световодов с полой сердцевиной.  |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4.4 | Создание научных основ программируемого послонного синтеза (ППС) наноразмерных материалов в условиях «мягкой» химии и применение полученных результатов для решения практически важных задач. | ИХС РАН, проф., д.х.н. О.А. Шилова; СПбГУ, проф., д.х.н. В.П. Толстой; Российский НИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА, проф. В.Н.Чеботкович | Разработка научных основ программируемого послонного синтеза наноразмерных материалов в условиях «мягкой» химии и их применения для решения актуальных и практически важных задач. В ходе реализации предлагаемой темы планируется создать 2 малых предприятия, которые будут заниматься организацией серийного производства высокопроизводительного оборудования для синтеза материалов методами ППС, производством опытных партий новых нано- и микротубулярных структур широкого круга неорганических соединений, включая ряд металлов и их оксидов, гидроксидов, сульфидов и фторидов, а также серийного производства изделий физико-технического и биомедицинского назначения, в том числе высокоэффективные суперконденсаторы и системы очистки биологических жидкостей. | 2020 | 2030 | 20000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 7000 | 7000 | 7000 | 8000 | 8000 |

## Национальный проект «Жильё и городская среда»

### Цель 3. Кардинальное повышение комфортности городской среды, повышение индекса качества городской среды на 30%, сокращение в соответствии с этим индексом количества городов с неблагоприятной средой в два раза

Целевые показатели: 3.1. Среднее значение индекса качества городской среды по Российской Федерации,

3.2. Доля городов с благоприятной средой от общего количества городов

| N п/п | Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы   | Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация) | Ожидаемый результат реализации мероприятия  | Срок начала реализации | Срок окончания реализации (дата контрольного события) | Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|--|---|---|------------------------|---|---|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |  |   |   |                        |   | 2020                                    | 2021  | 2022  | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| 1     | 2  | 4   | 5   | 6                      | 7   | 8                                       | 9     | 10    | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   |
| 10    | Междисциплинарные проблемы транспортных систем   |   |   |                        |   |   |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 10.2  | Экологически устойчивое развитие транспорта для кардинального повышения комфортности городской среды, повышения индекса качества городской среды | ПГУПС, СПбГАСУ, СПбНЦ РАН                               | Формирование концепции использования подземного пространства для размещения транспортной инфраструктуры | 2020                   | 2022  | 60000                                   | 80000 | 90000 |      |      |      |      |      |      |      |      |

## Национальный проект «Здравоохранение»

### Целевой показатель 1: снижение смертности населения трудоспособного возраста от болезней

| N п/п  | Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы                    | Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация)   | Ожидаемый результат реализации мероприятия   | Срок начала реализации | Срок окончания реализации (дата контрольного события) | Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|---|---|--|------------------------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|        |   |   |  |                        |   | 2020                                    | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| 1      | 2   | 4   | 5  | 6                      | 7   | 8                                       | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   |
| 1      | Приоритетные научные исследования в области физико-математических наук  |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.4    | Приоритетные научные исследования в области ядерной физики  |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.4.4  | Применение ядерно-физических методов для решения фундаментальных и прикладных задач в смежных областях.                   | СПбГУ, ФТИ РАН, Радиевый институт, ПИЯФ, ВНИИМ, СПбНЦ РАН | Применение ядерно-физических методов в медицине (исследование циклотронных и реакторных методов получения медицинских радионуклидов, развитие методов адронной терапии, медицинской радиологии).                   | 2020                   | 2030  | 2000                                    | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 1.6    | Приоритетные научные исследования в области оптики и лазерной физики  |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.6.14 | Компактные излучатели терагерцового диапазона. Разработка и исследование новых методов генерации терагерцового излучения. | ФТИ РАН, НИУ ИТМО, ЛЭТИ, СПбНЦ РАН                        | Создание новых систем медицинской диагностики, систем безопасности, экологического мониторинга и контроля качества, а также развитие применений терагерцового излучения во многих других областях науки и техники. | 2020                   | 2030  | 2000                                    | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 3      | Материаловедение, механика, прочность   |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3.3    | Композиционные наноматериалы и покрытия   |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

|       |  |   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|---|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3.3.5 | Биосовместимые нанокompозиты для замены костной ткани. | Руководитель проекта:<br>Денисюк И.Ю.,<br>д.ф.-м.н.,<br>проф., зав каф.<br>Инженерной<br>фотоники НИУ<br>ИТМО | Созданы и всесторонне исследованы новые нанокompозиционные материалы, обеспечивающие формирование имплантатов формы методом 3D печати, проведены их первичные доклинические испытания и исследованы бактериостатические свойства нанокompозитов с металлическими и полупроводниковыми наночастицами, а также исследованы физические характеристики новых материалов, процессы динамики наночастиц, их агрегации и стабилизации, исследован внутренний объем нанокompозита и его зависимость от наномодификации, а также микроструктурирование и модификация поверхности с целью повышения биосовместимости. Метод модификации поверхности - ионная бомбардировка и плазмохимическая обработка, наноструктурирование методом фотостимулированного перемещения наночастиц. Разработаны биосовместимые нанокompозиты, предназначенные для замены поврежденных или отсутствующих фрагментов скелета, а также направленной регенерации костной ткани в ортопедии и черепно-лицевой хирургии. | 2022 | 2030 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 |
|-------|--|---|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

|       |  |   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|---|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3.3.6 | Биоразлагаемые полимерные композиционные материалы для медицины.   | Руководитель проекта:<br>д.т.н. профессор Успенская М.В.<br>руководитель Института Биоинженерии. НИУ ИТМО                 | Созданы сополимеры на основе акрилов и винилтетразолов. Изучены закономерности формирования полимерной структуры и свойств получаемых материалов. Созданы полимерные нанокомпозитные материалы, способные к биодegradации в естественных условиях. Изучены механизмы протекания процессов биодegradации, создана концепция «материал-внешние условия-биодеструктор». Расширение ассортимента исходных полимерных биодegradируемых материалов для регенеративной медицины, создание задела для разработок в области абсорбирующих изделий медицинского назначения для комплексного воздействия на раневой процесс. | 2020 | 2030 | 11175 | 11175 | 11175 | 11175 | 11175 | 11175 | 11175 | 11175 | 11175 | 11175 | 11175 |
| 4     | Перспективные фундаментальные исследования в области химии   |   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4.7   | Синтез и исследование свойств физиологически активных производных природных соединений и их аналогов   | СПбГУ, Кафедра химии природных соединений, зав. кафедрой, д.х.н. Трифонов Р. Е.   | Создание соединений-лидеров, которые будут использованы при создании новых оригинальных отечественных лекарственных препаратов  | 2020 | 2030 | 6000  | 6000  | 6000  | 7000  | 7000  | 7000  | 8000  | 8000  | 10000 | 10000 | 10000 |
| 4.12  | Создание нового поколения бесферментных сенсоров на биологически значимые аналиты (полисахариды, пероксид водорода, органические амины) и кислород, применение полученных результатов для решения задач контроля биологических | СПбГУ, проф. С.С. Ермаков; ИАП РАН, проф. Евстапов А.А.; Научно-исследовательский технологический институт им. акад. А.П. | Разработка научных основ создания нового поколения амперометрических сенсоров на основе наночастиц металлов, сплавов, оксидов металлов, обладающих биосовместимостью, микроразмерами, чувствительностью на уровне наномолей в литре; создание линейки сенсоров для определения кислорода и  | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 8000  | 8000  | 8000  | 8000  | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |

|  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  | жидкостей с целью клинической диагностики и мониторинга технических вод атомных и тепловых электростанций. | Александрова, д.т.н, в.н.с.<br>Гурский В.С | анализа пищевых продуктов и биологических жидкостей на содержание полисахаридов, что позволит существенно повысить безопасность атомной энергетики и внедрить инновационные методы клинической диагностики. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

## Федеральный проект «Борьба с сердечно-сосудистыми заболеваниями»

### Целевой показатель 2: снижение смертности от болезней системы кровообращения

| N п/п  | Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы                        | Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация)     | Ожидаемый результат реализации мероприятия  | Срок начала реализации | Срок окончания реализации (дата контрольного события) | Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|--------|---|---|---|------------------------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|        |   |   |   |                        |   | 2020                                    | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |  |
| 1      | 2   | 4   | 5   | 6                      | 7   | 8                                       | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   |  |
| 7      | Биология и медицина   |   |   |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 7.2    | Молекулярная медицина, онкология, иммунология   |   |   |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 7.2.10 | Изучение роли иммунологических механизмов и построение модели прогнозирования течения ревматической патологии и атеросклероза | СЗГМУ им. И.И. Мечникова, акад., д.м.н., проф. Мазуров В.И. | Будут созданы предпосылки для разработки комплекса иммунологических и молекулярно-биологических методов ранней диагностики иммуновоспалительных заболеваний. Полученные данные позволят разработать мультибиомаркерный диагностический индекс для ранней диагностики большинства иммунозависимых заболеваний, включающий провоспалительные цитокины, факторы роста, металлопротеиназы, цитоскелетные белки, | 2020                   | 2025  | 1200                                    | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 |      |      |      |      |      |  |

|        |   |   |  |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|---|---|--|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|
|        |   |   | сосудистые молекулы адгезии, гормоны (лептин и резистин), пентраксины, модифицированные липопротеины, белки теплового шока, апопротеины, рецепторы эндотелия (TLR-рецепторы) и др. Можно полагать, что более широкое внедрение предложенных к изучению биомаркеров создаст реальные предпосылки для персонализации терапии пациентов с аутоиммунной и сосудистой патологией. В перспективе это позволит существенно улучшить прогноз, снизить стоимость лечения и затраты на разработку новых лекарственных препаратов.  |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |
| 7.2.15 | Адипоцитокины (адипонектин, оментин1) и полиморфизм их генов у больных метаболическим сердечно-сосудистым синдромом | СПбГМУ им. И.П. Павлова, ФГБУ СЗФМИЦ им. Алмазова, акад., проф. Е.В. Шляхто | В результате реализации данного проекта удастся определить молекулярно-генетические предикторы развития метаболического синдрома, сахарного диабета 2 типа и сердечно-сосудистых заболеваний у больных абдоминальным ожирением молодого и среднего возраста. Расширить представление о молекулярно-генетических механизмах влияния абдоминальной жировой ткани на развитие метаболических расстройств и сердечно-сосудистых заболеваний<br>Выявить новые молекулярные мишени для воздействия при лечении артериальной гипертензии, дислипидемии и атеросклероза. | 2020 | 2023 | 1760 | 2000 | 2000 | 2000 |  |  |  |  |  |  |  |

|        |   |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------|---|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 7.2.16 | Применение комплексного междисциплинарного подхода для идентификации и изучения молекулярных нарушений, ведущих к развитию патологии нервной, эндокринной и сердечно-сосудистой систем, с целью разработки инновационных подходов для их ранней диагностики, лечения и профилактики | ИЭФБ РАН<br>д.б.н.<br>М.Л. Фирсов,<br>д.б.н.<br>А.О. Шпаков | Разработка инновационных подходов для лечения, мониторинга и профилактики заболеваний сердечно-сосудистой системы, сахарного диабета, болезней Альцгеймера и Паркинсона, хронического алкоголизма и других социально значимых заболеваний на основе восстановления функций гормональных систем мозга и их регуляторных влияний на периферические органы и ткани, организация постоянно действующих в Санкт-Петербурге семинаров и подготовка серии монографий и практических руководств по проблеме проекта и результатам его реализации для специалистов в области фармакологии и медицины. | 2020 | 2030 | 37044 | 38896 | 40841 | 42883 | 45027 | 47278 | 49642 | 52124 | 54730 | 57467 | 60340 |
|--------|---|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|



**Федеральный проект «Борьба с онкологическими заболеваниями»**

**Целевой показатель 3: снижение смертности от новообразования, в том числе от злокачественных**

| N п/п  | Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы                    | Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация)   | Ожидаемый результат реализации мероприятия   | Срок начала реализации | Срок окончания реализации (дата контрольного события) | Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|---|---|--|------------------------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|        |   |   |  |                        |   | 2020                                    | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| 1      | 2   | 4   | 5  | 6                      | 7   | 8                                       | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   |
| 1      | Приоритетные научные исследования в области физико-математических наук  |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.4    | Приоритетные научные исследования в области ядерной физики  |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.4.4  | Применение ядерно-физических методов для решения фундаментальных и прикладных задач в смежных областях.                   | СПбГУ, ФТИ РАН, Радиевый институт, ПИЯФ, ВНИИМ, СПбНЦ РАН | Применение ядерно-физических методов в медицине (исследование циклотронных и реакторных методов получения медицинских радионуклидов, развитие методов адронной терапии, медицинской радиологии).                   | 2020                   | 2030  | 2000                                    | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 1.6    | Приоритетные научные исследования в области оптики и лазерной физики  |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.6.14 | Компактные излучатели терагерцового диапазона. Разработка и исследование новых методов генерации терагерцового излучения. | ФТИ РАН, НИУ ИТМО, ЛЭТИ, СПбНЦ РАН                        | Создание новых систем медицинской диагностики, систем безопасности, экологического мониторинга и контроля качества, а также развитие применений терагерцового излучения во многих других областях науки и техники. | 2020                   | 2030  | 2000                                    | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 7      | Биология и медицина   |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7.1    | Микробиом и макроорганизм   |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

|       |  |  |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 7.1.1 | Изучение микробиома человека как базисной основы для коррекции инфекционных и неинфекционных патологий | ФГБНУ ИЭМ<br>акад.<br>Софронов Г.А.,<br>Суворов А.Н.;<br>Северо-<br>западный<br>медицинский<br>университет<br>имени<br>И.Мечникова<br>Симаненков<br>В.И.;<br>Лаборатория<br>алгоритмическ<br>ой биологии<br>СПбГУ<br>Лapidус А.Л | Будет смонтировано и<br>запущено автоматическое<br>криохранилище на 500000<br>единиц хранения. Будет<br>собрана коллекция<br>штаммов-возбудителей<br>стрептококковых инфекций<br>и консорциумов<br>индивидуальных<br>микробиоценозов здоровых<br>добровольцев и людей с<br>патологией желудочно-<br>кишечного тракта, кожи и<br>урогенитальной сферы.<br>Будут проанализированы<br>особенности<br>иммуномодулирующей<br>активности известных<br>пробиотиков на основе<br>лактобацилл и<br>энтерококков.<br>Будет разработана<br>компьютерная модель<br>химерной вакцины против<br>стрептококков группы А<br>(СГА) и синтезированы<br>прототипы генетических<br>конструкций новых<br>химерных белков.<br>Завершение исследований<br>антиопухолевого активности<br>стрептококков на моделях<br>in vitro. Приобретение и<br>запуск оборудования для<br>геномного секвенирования<br>(ГС). Разработка<br>алгоритмов анализа<br>микробиоты с применением<br>ГС и обработки данных.<br>Проведение пилотных по<br>терапии легочных<br>заболеваний<br>персонафицированными<br>препаратами –<br>аутопробиотиками согласно<br>ранее созданному и<br>запатентованному<br>алгоритму | 2020 | 2030 | 21000 | 15000 | 43000 | 43000 | 43000 | 43000 | 42000 | 17000 | 17000 | 17000 | 17000 |
|-------|--|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

|       |   |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|--|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |   |  | <p>персонализированной микробной терапии и оценка характера изменения микробиома на фоне аутопробиотической терапии. Проведение доклинических исследований терапии опухолей с использованием живых бактериальных штаммов СГА. Проведение доклинических исследований новой рекомбинантной вакцины против СГА. Будут разработаны подходы к культивированию компонентов индивидуальной микробиоты. Метагеномный анализ микробиотных консорциумов. Разработка технологии создания комплексных микробиотных препаратов и терапии дисбиотических состояний человека. Будут разработаны наборы детекции и сорбенты для выделения белков сыворотки крови человека (альбумин, иммуноглобулины), а также внедрены в практическое использование. Проведение клинических исследований терапии опухолей с использованием живых бактериальных штаммов СГА и внедрение в практику.</p> |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.1.2 | Микробиом и рак. Экспериментальные и клинические исследования эффективности комбинации пробиотика | НИИ онкологии им. Н.Н. Петрова Минздрава России<br>В.Н. Анисимов | Будут получены данные о влиянии пробиотика на основе препарата «Витафлор» одного и в комбинации с метформинном на канцерогенез толстой  | 2020 | 2030 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 |

|       |  |                           |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|---------------------------|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | и метформина на развитие спонтанных опуолей, рака толстой кишки и рака молочной железы | чл.-корр. РАН, д.м.н.     | кишки, индуцируемый 1,2-диметилгидразином у самцов крыс и на спонтанный канцерогенез молочных желез у трансгенных мышей HER-2/neu. На этих моделях будут получены результаты по действию комбинации пробиотика с энтеросорбентом «Аквален» и антибиотиком рапамицином. Будут получены результаты по геропротекторному эффекту пробиотика в опытах на мышах. Ожидается, что пробиотик окажет профилактическое действие на всех моделях. При получении положительных результатов опытов на грызунах будут начаты исследования эффективности пробиотика на людях. Ожидается выявление эффективного торможения канцерогенеза кишки у крыс и рака молочной железы у мышей при совместном введении пробиотика и метформина. Ожидается выявление геропротекторного и противоопухолевого действия совместного применения пробиотика и энтеросорбента Ожидается увеличение длительности безрецидивного периода и выживаемости больных раком. |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.2   | Молекулярная медицина, онкология, иммунология  |                           |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.2.1 | Изучение молекулярно-генетических  | Лаборатория нанобиотехнол | Детальное исследование молекулярных   | 2020 | 2030 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 |

|       |   |   |   |      |      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-------|---|---|---|------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|       | особенностей рака молочной железы и создание тест-систем для выявления предиктивных маркеров  | огий СПбАУ РАН, Академический ун-т  | особенностей данного типа опухолей с использованием наиболее современных методов генетического анализа может позволить точнее определить патогенетические особенности различных видов рака молочной железы и значительно повысить эффективность уже существующих методов терапии.   |      |      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 7.2.2 | Разработка способов повышения контрастной визуализации солидных опухолей в однородных тканевых структурах при совместном использовании светодиодных источников света и фотоактивных веществ <i>in vitro</i> и <i>in vivo</i>            | Лаборатория нанобиотехнологий СПбАУ РАН, Академический ун-т д.м.н. Ф.В. Моисеенко | Будут разработаны методики динамической визуализации с помощью флюоресцентных красителей для использования и совершенствования радикальности противоопухолевого лечения за счет динамического воздействия на оставшиеся скопления   | 2020 | 2030 | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    |
| 7.2.4 | Разработка и исследование нового лекарственного препарата, содержащего наноразмерные магнитные частицы для лечения злокачественных опухолей методами рентгеноэндovasкулярной окклюзии сосудов опухолей и высокоэффективной гипертермии. | ФГБУ «РНЦРХТ» МЗ РФ, акад., д.м.н., проф. Гранов А.М.,                            | Создать композиционный препарат с наночастицами магнетита на основе кремнийорганических полимеров, способных в течение 20 минут обеспечить высокую текучесть препарата по катетерам и сосудам опухоли, для равномерного проксимально-дистального распределения препарата по сосудистой системе с последующим превращением в гель для остановки кровотока в сосудах. Провести все требуемые по GLP доклинические испытания препарата в эксперименте. Разработать технические требования к качеству препарата. Разработать ТУ | 2020 | 2030 | 13800,9 | 14239,9 | 14239,9 | 14951,9 | 20699,5 | 16484,4 | 16484,4 | 17308,7 | 18174,1 | 19082,8 | 20036,9 |

|       |  |   |   |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
|-------|--|---|---|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
|       |  |   | на препарат. Разработать опытно-производственный регламент на производство препарата. Разработать фармакопейную статью предприятия. Провести клинические испытания препарата в условиях рентгеноэндоваскулярной окклюзии сосудистой системы рака почки. Получить регистрационное удостоверение на препарат. Создать производство препарата и метода лечения больных с онкологическими заболеваниями паренхиматозных органов.  |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
| 7.2.5 | Разработка предсказательного маркера эффективности лучевой и химиолучевой терапии больных злокачественными новообразованиями | РОНЦ им. Н.Н.Блохина РАН, Давыдов М.И., проф., д.м.н. Корьтова Л.И., проф., д.м.н. Иванов С.Д.; ФГБУ «РНЦ ретгенорадиологии» МЗ РФ, Каприн А.Д.; ВНИКИ МЛТ, Опалев А.А. | Выявление возможных взаимосвязей между результатами применения модификаторов величины предсказательного биохимического показателя и результатами лечения онкологических больных. Заключение результатов проведения межцентровых испытаний методов предикции. Создание макета прибора для определения предсказательного показателя эффективности ХЛТ онкологических больных путем анализа крови. Индивидуальный отбор онкологических больных для использования стандартных схем ХЛТ, повышение эффективности лечения. Статьи в журналах, монография. Автоматизация определения предсказательного показателя. | 2020 | 2030 | 5690,2 | 6088,5 | 6514,7 | 6970,7 | 7458,6 | 7650,6 | 8186,1 | 8759,2 | 9372,3 | 10028,4 | 10730,4 |

|        |  |  |   |      |      |        |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|--|--|---|------|------|--------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 7.2.6  | Радиационный гормезис. Обоснование нового механизма и практические следствия | ФГБУ «РНЦРХТ» МЗ РФ, проф., д.м.н. Шутко А.Н., СПбНИИ радиационной гигиены им. проф. П.В. Рамзаева; ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова, проф. Башарин В.А. | Новая теория позволит пересмотреть радиобиологические и токсикологические основы формирования лечебного применения радиации и химиопрепаратов, обосновать новые схемы лечения с использованием сниженных доз цитотоксических агентов в онкологии, и скорректировать нормативные величины в области радиационной гигиены.  | 2020 | 2021 | 1452,0 | 1597,2 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7.2.7  | Старение и рак: от молекулярных механизмов к средствам профилактики          | НИИ онкологии им. Н.Н. Петрова Минздрава России чл.-корр. РАН, д.м.н. В.Н. Анисимов  | Предполагается, что применение мелатонина, метформина и рапамицина приведет к увеличению продолжительности жизни и торможению развития опухолей что позволит рекомендовать использование этих препаратов для профилактики преждевременного старения и рака. Исследование роли системы гормон – роста-инсулинподобный фактор роста 1-инсулин – глюкоза в механизмах старения и канцерогенеза. Роль протеинкиназы mTOR в поддержании клеточного гомеостаза, развитии опухолей и старении. Изучение влияния различных режимов освещения на продолжительность жизни и развитии спонтанных опухолей. | 2020 | 2030 | 1600   | 1600   | 2600 | 2600 | 1650 | 1650 | 1650 | 1750 | 1750 | 1750 | 1750 |
| 7.2.11 | Исследование процессов спонтанной трансформации и старения                   | СЗГМУ им. И.И. Мечникова, НИЛ клеточных  | Определение оптимальных параметров культивирования ММСК. выявление поверхностных  | 2020 | 2025 | 2000   | 2000   | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |      |      |      |      |      |

|        |   |   |  |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
|--------|---|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|
|        | мультипотентных мезенхимных стромальных клеток при длительном культивировании in vitro  | технологий, д.м.н., проф. Юркевич Ю.В., ст. н.с., Енукашвили Н.И. | онкомаркеров. Отработка нового метода контроля качества культур ММСК – определение наличия раковых клеток-предшественников или раковых стволовых клеток в культуре. Оценка изменения морфологии, дифференцировочного потенциала, пролиферативной и иммуносупрессивной активности, транскриптома и эпигенома мультипотентных мезенхимных стромальных клеток (ММСК) в зависимости от сроков культивирования. Оценка возможности спонтанной онкотрансформации. Поиск поверхностных онкомаркеров для использования их для контроля качества методом проточной цитометрии |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
| 7.2.14 | Исследование роли микрочастиц клеточного происхождения в патогенезе депрессий кроветворения и злокачественных заболеваний системы крови | ФГБУ РосНИИГТ ФМБА России д.м.н., проф. Л.Н. Бубнова              | Будет предложен комплекс иммунологических методов исследования микрочастиц клеточного происхождения, который будет способствовать пониманию их роли в патогенезе злокачественных заболеваний системы крови и депрессий кроветворения, что может позволить оптимизировать тактику терапии и повысить ее эффективность при данных патологических состояниях<br>Исследование уровня микрочастиц лейкоцитарного и эритроцитарного происхождения у пациентов с онкогематологическими  | 2020 | 2025 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |  |  |  |  |  |



|        |  |   |   |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|--|---|---|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|
|        |  |   | заболеваниями (лимфопролиферативные заболевания, множественная миелома) и депрессиями кроветворения (апластическая анемия, пароксизмальная ночная гемоглобинурия). Проследить динамику уровня микрочастиц в процессе этих заболеваний; изучить их взаимосвязь с синтезом основных гемопоэтических цитокинов, уровнем апоптоза клеток и степенью нарушения кроветворения, определив тем самым их роль и место в патогенезе изучаемых патологических состояний.   |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |
| 7.2.18 | Исследование технологии таргетной внутриклеточной доставки противоопухолевых препаратов на основе внутриклеточных многослойных полиэлектролитных нано- и микрокапсул | СПбГМУ им. И.П. Павлова, к.м.н., Моисеев И.С.; НИИДОГиТ им. Р.М. Горбачевой, д.м.н., профессор Афанасьев Б.В. | Ожидаемыми результатами дальнейшей работы являются создание микрокапсул, оптимальных по своим химико-физическим свойствам и размерам, для захвата различными клеточными популяциями. Планируется создание рабочей платформы клеточно-микрокапсульного носителя противоопухолевых препаратов для дальнейшего внедрения в клинику. Ожидается получение данных о профиле токсичности, побочных эффектах, функциональных свойствах, хоминге и профиле экспрессии важнейших генов популяций лимфоцитов человека с инкорпорированными микрокапсулами, распределение лимфоцитов- | 2020 | 2023 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  | переносчиков in vivo и эффективности созданной платформы на основании преклинических исследований. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

**Федеральный проект «Развитие сети национальных медицинских исследовательских центров и внедрение инновационных медицинских технологий»**

| № п/п | Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы | Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация)  | Ожидаемый результат реализации мероприятия   | Срок начала реализации | Срок окончания реализации (дата контрольного события) | Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|--|--|------------------------|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |  |  |  |                        |   | 2020                                    | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  | 2025  | 2026  | 2027  | 2028  | 2029  | 2030  |
| 1     | 2  | 4  | 5  | 6                      | 7   | 8                                       | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    |
| 7     | Биология и медицина  |  |  |                        |   |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.1   | Микробиом и макроорганизм  |  |  |                        |   |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.1.1 | Изучение микробиома человека как базисной основы для коррекции инфекционных и неинфекционных патологий | ФГБНУ ИЭМ акад. Софронов Г.А., Суворов А.Н.; Северо-западный медицинский университет имени И.Мечникова Симаненков В.И.; Лаборатория алгоритмической биологии СПбГУ Лapidус А.Л | Будет смонтировано и запущено автоматическое криохранилище на 500000 единиц хранения. Будет собрана коллекция штаммов-возбудителей стрептококковых инфекций и консорциумов индивидуальных микробиоценозов здоровых добровольцев и людей с патологией желудочно-кишечного тракта, кожи и урогенитальной сферы. Будут проанализированы особенности иммуномодулирующей активности известных пробиотиков на основе лактобацилл и энтерококков. Будет разработана компьютерная модель химерной вакцины против | 2020                   | 2030  | 21000                                   | 15000 | 43000 | 43000 | 43000 | 43000 | 42000 | 17000 | 17000 | 17000 | 17000 |

|  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  | <p>стрептококков группы А (СГА) и синтезированы прототипы генетических конструкций новых химерных белков. Завершение исследований антиопухолевой активности стрептококков на моделях <i>in vitro</i>.</p> <p>Приобретение и запуск оборудования для геномного секвенирования (ГС). Разработка алгоритмов анализа микробиоты с применением ГС и обработки данных. Проведение пилотных по терапии легочных заболеваний персонифицированными препаратами – аутопробиотиками согласно ранее созданному и запатентованному алгоритму персонифицированной микробной терапии и оценка характера изменения микробиома на фоне аутопробиотической терапии. Проведение доклинических исследований терапии опухолей с использованием живых бактериальных штаммов СГА. Проведение доклинических исследований новой рекомбинантной вакцины против СГА. Будут разработаны подходы к культивированию компонентов индивидуальной микробиоты. Метагеномный анализ микробиотных консорциумов.</p> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|       |   |  |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |   |  | Разработка технологии создания комплексных микробиотных препаратов и терапии дисбиотических состояний человека. Будут разработаны наборы детекции и сорбенты для выделения белков сыворотки крови человека (альбумин, иммуноглобулины), а также внедрены в практическое использование. Проведение клинических исследований терапии опухолей с использованием живых бактериальных штаммов СГА и внедрение в практику.   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.1.2 | Микробиом и рак. Экспериментальные и клинические исследования эффективности комбинации пробиотика и метформина на развитие спонтанных опухолей, рака толстой кишки и рака молочной железы | НИИ онкологии им. Н.Н. Петрова Минздрава России<br>В.Н. Анисимов чл.-корр. РАН, д.м.н. | Будут получены данные о влиянии пробиотика на основе препарата «Витафлор» одного и в комбинации с метформином на канцерогенез толстой кишки, индуцируемый 1,2-диметилгидразином у самцов крыс и на спонтанный канцерогенез молочных желез у трансгенных мышей HER-2/neu. На этих моделях будут получены результаты по действию комбинации пробиотика с энтеросорбентом «Аквален» и антибиотиком рапамицином. Будут получены результаты по геропротекторному эффекту пробиотика в опытах на мышцах. Ожидается, что пробиотик окажет профилактическое действие на всех моделях. При получении положительных результатов опытов на грызунах будут | 2020 | 2030 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 |

|       |   |                                 |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|---|---------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |   |                                 | <p>начаты исследования эффективности пробиотика на людях. Ожидается выявление эффективного торможения канцерогенеза кишки у крыс и рака молочной железы у мышей при совместном введении пробиотика и метформина. Ожидается выявление геропротекторного и противоопухолевого действия совместного применения пробиотика и энтеросорбента</p> <p>Ожидается увеличение длительности безрецидивного периода и выживаемости больных раком.</p>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7.1.3 | Изучение механизмов регуляции проницаемости тканевых барьеров | СПбГУ проф., д.б.н. А.Г. Марков | <p>Используя молекулярно-биологические методы, будут получены результаты о действии различных компонентов химуса, эндотоксинов, на проницаемость эпителия ворсинчатого эпителия стенки кишки, а также изучена роль цитокинов в регуляции транслокации микроорганизмов. Будут получены результаты о барьерных свойствах ворсинчатого эпителия и фолликул-ассоциированного эпителия Пейеровых бляшек стенки кишки крысы при действии различных соединений. Будет получен ответ на вопрос: какие вещества изменяют проницаемость тканевого барьера для макромолекул сопоставимых по молекулярной массе с патогенами, а также</p> | 2020 | 2030 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 |

|       |   |  |   |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|---|--|---|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|
|       |   |  | транслокацию через эпителий микроорганизмов. Будет выяснены молекулярные механизмы, лежащие в основе транслокации микроорганизмов в макроорганизм. Будет разработана стратегия предотвращения транслокации микроорганизмов через тканевые барьеры.  |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7.1.6 | Разработка новых технологий эпидемиологического надзора за мультиантибиотикорези стентными штаммами возбудителей инфекционных заболеваний | СЗГМУ им. И.И. Мечникова, д.м.н., проф. Зуева Л.П. | На основе использования комбинации различных методов (методов молекулярной эпидемиологии, популяционной генетики при оценке частотности генотипов, несущих отдельные генетические элементы, методов филогенетического анализа в т.ч. целых геномов) будет получено целостное представление о роли широко распространенных мобильных генетических элементов, различающихся по функциям, в эволюции эпидемических штаммов возбудителей с множественной устойчивостью к антимикробным препаратам. Полученные данные лягут в основу предложений по совершенствованию системы эпидемиологического надзора за инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи, в частности будут усовершенствованы разработанные нами ранее | 2020 | 2021 | 2000 | 2000 |  |  |  |  |  |  |  |  |

|       |   |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |   |   | алгоритмы молекулярно-генетического мониторинга за возбудителями данной группы инфекций.   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.1.7 | Разработка и применение программных продуктов для анализа и систематизации данных геномного секвенирования микробиот больных и здоровых людей           | Центр алгоритмической биотехнологии СПбГУ д.б.н. Певзнер П.А. | В рамках предлагаемого проекта рассчитывается создать геномный сборщик, позволяющий эффективно работать с метагеномными данными, которыми и являются данные микробиот, и обеспечить исследователей простыми и удобными аналитическими подходами (pipelines), что повысит эффективность исследований в такой важной клинической области. Создание сборщика метагеномных данных SPAdes признана лучшей в мире и рекомендуется для высококачественной сборки данных в случае сильно неоднородных геномных данных. | 2020 | 2030 | 6500  | 6500  | 6500  | 6500  | 6500  | 6500  | 6500  | 6500  | 6500  | 6500  | 6500  |
| 7.1.8 | Теоретические и экспериментальные исследования по созданию приборных комплексов на базе масс-спектрометрических методов для диагностики микроорганизмов | ИАП РАН д.т.н., проф. Курочкин В.Е.                           | Разработка и изготовление опытных образцов приборных комплексов газовый хроматограф-масс-спектрометр с электронным ударом и разрешающей способностью 30 000 и комплекс для рутинного анализа с разрешающей способностью 6000. на базе масс-анализаторов Сертификат на медицинскую технику Опытный образец масс-спектрометра с разрешающей способностью 50000. Источник ионов MALDI Сертификат соответствия на средство измерения Сертификат на   | 2020 | 2030 | 15000 | 12000 | 12000 | 75000 | 75000 | 45000 | 35000 | 35000 | 35000 | 35000 | 35000 |

|       |   |   |   |      |      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-------|---|---|---|------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|       |   |   | <p>медицинскую технику</p> <p>Опытный образец масс-спектрометра с разрешающей способностью 100000.</p> <p>Источник ионов электроспрей</p> <p>Опытный образец масс-спектрометра с разрешающей способностью 150000-175000 с источником ионов с ионизацией при атмосферном давлении</p>  |      |      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 7.2   | Молекулярная медицина, онкология, иммунология   |   |   |      |      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 7.2.2 | Разработка способов повышения контрастной визуализации солидных опухолей в однородных тканевых структурах при совместном использовании светодиодных источников света и фотоактивных веществ <i>in vitro</i> и <i>in vivo</i>            | Лаборатория нанобиотехнологий СПбАУ РАН, Академический ун-т д.м.н. Ф.В. Моисеенко | Будут разработаны методики динамической визуализации с помощью флюоресцентных красителей для использования и совершенствования радикальности противоопухолевого лечения за счет динамического воздействия на оставшиеся скопления   | 2020 | 2030 | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    |
| 7.2.4 | Разработка и исследование нового лекарственного препарата, содержащего наноразмерные магнитные частицы для лечения злокачественных опухолей методами рентгеноэндovasкулярной окклюзии сосудов опухолей и высокоэффективной гипертермии. | ФГБУ «РНЦРХТ» МЗ РФ, акад., д.м.н., проф. Гранов А.М.,                            | Создать композиционный препарат с наночастицами магнетита на основе кремнийорганических полимеров, способных в течение 20 минут обеспечить высокую текучесть препарата по катетерам и сосудам опухоли, для равномерного проксимально-дистального распределения препарата по сосудистой системе с последующим превращением в гель для остановки кровотока в сосудах. Провести все требуемые по GLP | 2020 | 2030 | 13800,9 | 14239,9 | 14239,9 | 14951,9 | 20699,5 | 16484,4 | 16484,4 | 17308,7 | 18174,1 | 19082,8 | 20036,9 |



|       |  |   |  |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
|-------|--|---|--|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
|       |  |   | доклинические испытания препарата в эксперименте. Разработать технические требования к качеству препарата. Разработать ТУ на препарат. Разработать опытно-производственный регламент на производство препарата. Разработать фармакопейную статью предприятия. Провести клинические испытания препарата в условиях рентгеноэндovasкулярной окклюзии сосудистой системы рака почки. Получить регистрационное удостоверение на препарат. Создать производство препарата и метода лечения больных с онкологическими заболеваниями паренхиматозных органов. |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
| 7.2.5 | Разработка предсказательного маркера эффективности лучевой и химиолучевой терапии больных злокачественными новообразованиями | РОНЦ им. Н.Н.Блохина РАН, Давыдов М.И., проф., д.м.н. Корьгова Л.И., проф., д.м.н. Иванов С.Д.; ФГБУ «РНЦ ретгенорадиологии» МЗ РФ, Каприн А.Д.; ВНИКИ МЛТ, Опалев А.А. | Выявление возможных взаимосвязей между результатами применения модификаторов величины предсказательного биохимического показателя и результатами лечения онкологических больных. Заключение результатов проведения межцентровых испытаний методов предикции. Создание макета прибора для определения предсказательного показателя эффективности ХЛТ онкологических больных путем анализа крови. Индивидуальный отбор онкологических больных для использования стандартных схем ХЛТ, повышение эффективности лечения. Статьи в журналах, монография.    | 2020 | 2030 | 5690,2 | 6088,5 | 6514,7 | 6970,7 | 7458,6 | 7650,6 | 8186,1 | 8759,2 | 9372,3 | 10028,4 | 10730,4 |

|       |  |   |  |      |      |        |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|--|---|--|------|------|--------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |  |   | Автоматизация определения предсказательного показателя.  |      |      |        |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7.2.6 | Радиационный гормезис. Обоснование нового механизма и практические следствия | ФГБУ «РНЦРХТ» МЗ РФ, проф., д.м.н. Шутко А.Н., СПбНИИ радиационной гигиены им. профессора П.В. Рамзаева; ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова, проф. Башарин В.А. | Новая теория позволит пересмотреть радиобиологические и токсикологические основы формирования лечебного применения радиации и химиопрепаратов, обосновать новые схемы лечения с использованием сниженных доз цитотоксических агентов в онкологии, и скорректировать нормативные величины в области радиационной гигиены.   | 2020 | 2021 | 1452,0 | 1597,2 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7.2.7 | Старение и рак: от молекулярных механизмов к средствам профилактики          | НИИ онкологии им. Н.Н. Петрова Минздрава России чл.-корр. РАН, д.м.н. В.Н. Анисимов   | Предполагается, что применение мелатонина, метформина и рапамицина приведет к увеличению продолжительности жизни и торможению развития опухолей что позволит рекомендовать использование этих препаратов для профилактики преждевременного старения и рака.<br>Исследование роли системы гормон – роста-инсулинподобный фактор роста 1-инсулин – глюкоза в механизмах старения и канцерогенеза.<br>Роль протеинкиназы mTOR в поддержании клеточного гомеостаза, развитии опухолей и старении.<br>Изучение влияния различных режимов освещения на продолжительность жизни и развитии спонтанных | 2020 | 2030 | 1600   | 1600   | 2600 | 2600 | 1650 | 1650 | 1650 | 1750 | 1750 | 1750 | 1750 |

|            |   |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
|------------|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|
| 7.2.8      | Генная клеточная терапия ВИЧ и ВИЧ-ассоциированных злокачественных новообразований на основе трансплантации гемопоэтических стволовых клеток с применением технологии сайт-специфического редактирования генома | НИИДОГиТ им. Р.М. Горбачевой к.м.н. Попова М.О., д.м.н., проф. Афанасьев Б.В.   | опухолей.<br>Создание платформы редактирования генома гемопоэтических стволовых клеток. Оценка эффективности, определение оптимальных условий, механизма генетической модификация. Оценка эффективности используемой платформы в подходах к лечению ВИЧ-инфекции посредством редактирования CCR5  | 2020 | 2025 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |  |  |  |  |  |
| 7.2.9<br>7 | Молекулярные механизмы наследственных форм болезни Паркинсона. Подходы к лечению  | Первый СПбГМУ им. И.П. Павлова, д.б.н. С.Н.Пчелина, проф., д.м.н. А.Ф. Якимовский, академик РАН, проф. А.Скоромец, доцент, к.м.н. А.А.Тимофеева | Проведенные исследования позволят уточнить частоту распространенности, а также особенности течения GBA- и LRRK2-ассоциированной болезни Паркинсона в Северо-Западном регионе России, что крайне важно для разработки подходов к медико-генетическому консультированию наследственных форм заболевания. Впервые in vitro будет получены данные о возможности применения фармакологических шаперонов GBA лечения болезни Паркинсона. Исследование молекулярных основ нейродегенерации при болезни Паркинсона будет способствовать разработке подходов к терапии и выявлению маркеров ранней преклинической диагностике заболевания. | 2020 | 2021 | 4000 | 4000 |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
| 7.2.10     | Изучение роли иммунологических механизмов и построение модели прогнозирования   | СЗГМУ им. И.И. Мечникова, акад., д.м.н., проф.  | Будут созданы предпосылки для разработки комплекса иммунологических и молекулярно-биологических методов   | 2020 | 2025 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 |  |  |  |  |  |

|        |   |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
|--------|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|
|        | течения ревматической патологии и атеросклероза   | Мазуров В.И.  | ранней диагностики иммуновоспалительных заболеваний. Полученные данные позволят разработать мультибиомаркерный диагностический индекс для ранней диагностики большинства иммунозависимых заболеваний, включающий провоспалительные цитокины, факторы роста, металлопротеиназы, цитоскелетные белки, сосудистые молекулы адгезии, гормоны (лептин и резистин), пентраксины, модифицированные липопротеины, белки теплового шока, апопротеины, рецепторы эндотелия (TLR-рецепторы) и др. Можно полагать, что более широкое внедрение предложенных к изучению биомаркеров создаст реальные предпосылки для персонализации терапии пациентов с аутоиммунной и сосудистой патологией. В перспективе это позволит существенно улучшить прогноз, снизить стоимость лечения и затраты на разработку новых лекарственных препаратов. |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
| 7.2.11 | Исследование процессов спонтанной трансформации и старения мультипотентных мезенхимных стромальных клеток при длительном культивировании in vitro | СЗГМУ им. И.И. Мечникова, НИЛ клеточных технологий, д.м.н., проф. Юркевич Ю.В., ст. н.с., Енукашвили Н.И. | Определение оптимальных параметров культивирования ММСК. выявление поверхностных онкомаркеров. Отработка нового метода контроля качества культур ММСК – определение наличия раковых клеток-предшественников или раковых стволовых клеток в  | 2020 | 2025 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |  |  |  |  |  |

|        |   |  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|---|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|        |   |  | культуре.<br>Оценка изменения морфологии, дифференцировочного потенциала, пролиферативной и иммуносупрессивной активности, транскриптома и эпигенома мультипотентных мезенхимных стромальных клеток (ММСК) в зависимости от сроков культивирования. Оценка возможности спонтанной онкотрансформации. Поиск поверхностных онкомаркеров для использования их для контроля качества методом проточной цитометрии |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7.2.12 | Изучение фундаментальных механизмов эпигенетической регуляции на уровне транскриптома (посредством микроРНК) и ферментов, модифицирующих ДНК В-лимфоцитов в развитии хронической обструктивной патологии легких | Первый СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова, д.м.н. проф. Трофимов В.И. СПБАУ РАН, Академически й ун-т                              | Создание инновационного подхода к диагностике, таргетной терапии, профилактике БА, ХОБЛ, БА-ХОБЛ<br>Создание инновационного подхода к лечению и профилактике бронхиальной астмы   | 2020 | 2030 | 3700 | 3700 | 3700 | 3700 | 4000 | 4000 | 4000 | 4700 | 4700 | 4700 | 4700 |
| 7.2.13 | Молекулярная структура, биологические свойства фиброз-ингибирующего фактора и его роль в нормальном развитии и патогенезе заболеваний человека  | СПбГМУ им. И.П. Павлова<br>Лаборатория трансплантологии и молекулярной гематологии<br>НИИ ДОГиТ им. Р.М. Горбачевой, к.м.н., | Получение фиброзингибирующего фактора, описание молекулярной структуры белка, оценка биологических свойств фактора in vivo и in vitro. Помимо раскрытие одного из путей регуляции фибротических процессов, фиброз-ингибирующий  | 2020 | 2025 | 2000 | 2500 | 3000 | 3000 | 3000 | 3500 |      |      |      |      |      |

|        |   |  |  |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
|--------|---|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|
|        |   | Бархатов И.М.<br>Директор НИИ<br>ДОГиТ им.<br>Р.М.<br>Горбачевой,<br>д.м.н., проф.<br>Афанасьев Б.В. | фактор может быть использован в качестве ингибитора пролиферации фибробластов, как компонент питательной среды для экспансии клеток человека, в рамках фундаментальных и прикладных исследований.  |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
| 7.2.14 | Исследование роли микрочастиц клеточного происхождения в патогенезе депрессий кроветворения и злокачественных заболеваний системы крови | ФГБУ<br>РосНИИГТ<br>ФМБА России<br>д.м.н., проф.<br>Л.Н. Бубнова                                     | Будет предложен комплекс иммунологических методов исследования микрочастиц клеточного происхождения, который будет способствовать пониманию их роли в патогенезе злокачественных заболеваний системы крови и депрессий кроветворения, что может позволить оптимизировать тактику терапии и повысить ее эффективность при данных патологических состояниях. Исследование уровня микрочастиц лейкоцитарного и эритроцитарного происхождения у пациентов с онкогематологическими заболеваниями (лимфопролиферативные заболевания, множественная миелома) и депрессиями кроветворения (апластическая анемия, пароксизмальная ночная гемоглобинурия). Проследить динамику уровня микрочастиц в процессе этих заболеваний; изучить их взаимосвязь с синтезом основных гемопозитических цитокинов, уровнем апоптоза клеток и степенью нарушения кроветворения, определив тем самым их | 2020 | 2025 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |  |  |  |  |  |

|        |   |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------|---|--|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        |   |  | роль и место в патогенезе изучаемых патологических состояний.   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.2.15 | Адипоцитокнины (адипонектин, оментин1) и полиморфизм их генов у больных метаболическим сердечно-сосудистым синдромом  | Первый СПбГМУ им. И.П. Павлова, ФГБУ СЗФМИЦ им. Алмазова, акад., проф. Е.В. Шляhto | В результате реализации данного проекта удастся определить молекулярно-генетические предикторы развития метаболического синдрома, сахарного диабета 2 типа и сердечно-сосудистых заболеваний у больных абдоминальным ожирением молодого и среднего возраста. Расширить представление о молекулярно-генетических механизмах влияния абдоминальной жировой ткани на развитие метаболических расстройств и сердечно-сосудистых заболеваний<br>Выявить новые молекулярные мишени для воздействия при лечении артериальной гипертензии, дислипидемии и атеросклероза | 2020 | 2023 | 1760  | 2000  | 2000  | 2000  |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.2.16 | Применение комплексного междисциплинарного подхода для идентификации и изучения молекулярных нарушений, ведущих к развитию патологии нервной, эндокринной и сердечно-сосудистой систем, с целью разработки инновационных подходов для их ранней диагностики, лечения и профилактики | ИЭФБ РАН д.б.н. М.Л. Фирсов, д.б.н. А.О. Шпаков                                    | Разработка инновационных подходов для лечения, мониторинга и профилактики заболеваний сердечно-сосудистой системы, сахарного диабета, болезней Альцгеймера и Паркинсона, хронического алкоголизма и других социально значимых заболеваний на основе восстановления функций гормональных систем мозга и их регуляторных влияний на периферические органы и ткани, организация постоянно действующих в Санкт-Петербурге семинаров и подготовка  | 2020 | 2030 | 37044 | 38896 | 40841 | 42883 | 45027 | 47278 | 49642 | 52124 | 54730 | 57467 | 60340 |

|        |   |  |   |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|---|--|---|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|        |   |  | серии монографий и практических руководств по проблеме проекта и результатам его реализации для специалистов в области фармакологии и медицины.   |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7.2.17 | Изучение состава, свойства и функции легочного сурфактанта млекопитающих и человека, разработка нанотехнологии получения нативного препарата сурфактанта и разработка методов лечения заболеваний легких, обусловленных его вторичным дефицитом | ФГБУ «РНЦРХТ» МЗ РФ проф., д.м.н. О.А. Розенберг | Будут получены сведения о составе и количественном содержании фосфолипидов и нейтральных липидов легочного сурфактанта крысы, собаки и крупного рогатого скота; будут получены данные о составе и содержании сурфактант-ассоциированных белков крысы, собаки, свиньи и крупного рогатого скота; планируется получить сравнительные данные о способности легочного сурфактанта крысы, собаки и крупного рогатого скота снижать поверхностное натяжение на границе раздела фаз воздух-вода; планируется получить морфологические и иммунологические доказательства уменьшения воспаления бронхов под влиянием сурфактанта крысы, собаки и крупного рогатого скота; планируется получить данные об оптимальных условиях забоя животного и условиях транспортировки и хранения сырья для обеспечения максимального выхода полупродукта для получения готовой лекарственной формы; ТУ для получения полупродукта (субстанции) природного легочного сурфактанта из легкого крупного рогатого скота. | 2020 | 2020 | 8842 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



|        |  |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|--|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 7.2.18 | Исследование технологии таргетной внутриклеточной доставки противоопухолевых препаратов на основе внутриклеточных многослойных полиэлектролитных нано- и микрокапсул | СПбГМУ им. И.П. Павлова, к.м.н., Моисеев И.С.; НИИДОГиТ им. Р.М. Горбачевой, д.м.н., профессор Афанасьев Б.В. | Ожидаемыми результатами дальнейшей работы являются создание микрокапсул, оптимальных по своим химико-физическим свойствам и размерам, для захвата различными клеточными популяциями. Планируется создание рабочей платформы клеточно-микрокапсульного носителя противоопухолевых препаратов для дальнейшего внедрения в клинику. Ожидается получение данных о профиле токсичности, побочных эффектах, функциональных свойствах, хоминге и профиле экспрессии важнейших генов популяций лимфоцитов человека с инкорпорированными микрокапсулами, распределение лимфоцитов-переносчиков in vivo и эффективности созданной платформы на основании преклинических исследований. | 2020 | 2023 | 2600 | 2600 | 2600 | 2600 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7.3    | Фундаментальные научные исследования. Клеточные технологии, биоинженерия   |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7.3.1  | Разработка и клиническая апробация мультипараметрической панели иммунодиагностики сепсиса при обширных ожогах и комбинированных механо-ожоговых поражениях           | ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова чл.-корр. РАН А.Н. Бельских  | Будут разработаны оригинальные технологии ранней иммунодиагностики сепсиса при обширных ожогах и комбинированных механо-ожоговых поражениях   | 2020 | 2030 | 4000 | 2000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |

|       |  |  |  |      |      |       |       |       |       |         |         |       |       |       |       |       |
|-------|--|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 7.3.2 | Разработка технологий получения и создание клеточного продукта для регенеративной и иммунной терапии ран | ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова чл.-корр. РАН А.Н. Бельских       | Разработка технологии получения и создание готового к применению в медицине клеточного продукта для лечения ран.   | 2020 | 2030 | 21384 | 22986 | 16650 | 46000 | 31065,6 | 32065,6 | 64432 | 40432 | 30432 | 30432 | 30432 |
| 7.3.3 | Создание тканеинженерных конструкций кости и хряща с помощью 3D биопринтирования                         | ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова чл.-корр. РАН А.Н. Бельских       | Выявление и подтверждение клинического эффекта созданных 3D конструктов хряща и кости, составление нормативно-технической документация (технические условия) на созданные клеточные продукты, проведение их токсикологических и клинических испытаний. Внедрение для лечения острых травматических повреждений и хронических дегенеративных заболеваний. | 2020 | 2030 | 35767 | 35767 | 35767 | 35767 | 35767   | 35767   | 35767 | 35767 | 35767 | 35767 | 35767 |
| 7.3.4 | Создание искусственных аналогов кожи с использованием трёхмерной биопечати                               | ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова чл.-корр. РАН А.Н. Бельских       | Создание полноценных аналогов кожи на основе технологии 3D-биопечати, составление нормативно-технической документация (технические условия) на созданный клеточный продукт. Использование для трансплантации больным с травматическими повреждениями кожи.   | 2020 | 2030 | 36025 | 36025 | 36025 | 36025 | 36025   | 36025   | 36025 | 36025 | 36025 | 36025 | 36025 |
| 7.3.5 | Разработка технологий иммунодиагностики и персонализированной клеточной иммунотерапии эндометриоза.      | ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова чл.-корр. РАН А.Н. Бельских       | Будут разработаны оригинальные технологии ранней иммунодиагностики эндометриоза и клеточный продукт для цитокиновой ex vivo генной терапии эндометриоза  | 2020 | 2030 | 15000 | 8000  | 8000  | 20000 | 28633,6 | 28633,6 | 34000 | 34000 | 34000 | 34000 | 34000 |
| 7.3.6 | Создание биомедицинского клеточного продукта с использованием клеток кожи для лечения                    | ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России, к.б.н. Калмыкова Н.В. | На медицинский рынок будет выведен доступный биомедицинский клеточный продукт длительного срока хранения и широкого использования для  | 2020 | 2022 | 2200  | 2200  | 1000  |       |         |         |       |       |       |       |       |

|       |  |   |   |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------|--|---|---|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       | кожных ран.  |   | заживление ран со сниженным регенеративным потенциалом. На медицинский рынок будет выведен доступный биомедицинский клеточный продукт длительного срока хранения и широкого использования для заживления ран со сниженным регенеративным потенциалом.   |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 7.3.7 | Разработка бесклеточного коллаген-эластинового аллогенного дермального матрикса.   | ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России ожоговое отделение Панов А.В.   | На медицинский рынок будет выведен имплант – бесклеточный эквивалент дермального слоя кожи длительного срока хранения и широкого использования для реконструктивно-пластической хирургии дефектов мягких тканей   | 2020 | 2024 | 2000   | 2200   | 1000   | 1000   | 2500   |        |        |        |        |        |        |
| 7.4   | Психические заболевания и антипсихотическая терапия  |   |   |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 7.4.2 | Изучение заболеваемости психическими и поведенческими расстройствами, организации психиатрической помощи в Санкт-Петербурге и разработка новых подходов и алгоритмов психолого-психиатрической помощи в психиатрических и общесоматических учреждениях | ФГБУ «СПб НИПНИ им. В.М. Бехтерева» Минздрава России д.м.н. Семенова Н.В. | Изучение показателей, характеризующих общую и первичную заболеваемость населения психическими расстройствами, уровень госпитализированной заболеваемости и инвалидности в динамике имеет важное прикладное значение для принятия организационных и управленческих решений, правильной и эффективной организации психиатрической службы. Разработка новых подходов и алгоритмов психолого-психиатрической помощи в психиатрических и общесоматических учреждениях, | 2020 | 2030 | 3365,2 | 3041,2 | 3041,2 | 3065,2 | 3041,2 | 3341,2 | 3065,2 | 3041,2 | 3041,2 | 3065,2 | 3339,7 |

|       |  |  |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |  |  | <p>совершенствование деятельности региональных психиатрических служб с использованием современных принципов и технологий оказания психиатрической помощи служит основой для практической апробации и внедрения новых организационных форм и технологий оказания помощи с учетом региональных географических, демографических, эпидемиологических, ресурсных и кадровых особенностей.</p> <p>Разработка проекта информированного согласия пациента для использования новых информационно-коммуникационных технологий при оказании психиатрической помощи</p> <p>Разработка концепции минимизации рисков нарушений прав пациентов при использовании новых информационно-коммуникационных технологий при оказании психиатрической помощи.</p> |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.4.3 | Персонализированная оценка эффективности антипсихотической терапии на основе гаплотипического анализа генов фармакокинетических и фармакодинамических факторов | ФГБУ «СПб НИПНИ им. В.М. Бехтерева» Минздрава России<br>Отделение персонализированной психиатрии,<br>д.м.н.<br>Насырова Р.Ф.,<br>Отделение | Предлагаемое исследование позволит принципиально изменить подход к подбору антипсихотического препарата, решению о его замене или отмене. Полученный в результате исследования алгоритм назначения антипсихотиков может быть реализован на рынке оказания психиатрической помощи в регионах Российской Федерации   | 2020 | 2030 | 35550 | 15700 | 15700 | 15700 | 15700 | 15700 | 15700 | 15700 | 15700 | 15700 | 15700 |

|       |   |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |   | биологической терапии психически больных, д.м.н., профессор Иванов М.В.   | Федерации, население которых соответствует европеоидной расе. Разработанная автоматизированная компьютерная программа поддержки принятия решения подбора психофармакотерапии на основе фармакогенетических предикторов является инновационной для нашей страны: фармакогенетическое тестирование для подбора психофармакотерапии в клинической практике не используется, не разработано алгоритмов поддержки принятия решения для врачей-психиатров.  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7.4.4 | Исследование анатомических и функциональных коннектов мозга человека в норме и при ряде психических заболеваний | ФГБУ «СПб НИПНИ им. В.М. Бехтерева» Минздрава России Отделение клинической и лабораторной диагностики, нейрофизиологии и нейровизуальных исследований д.м.н., проф. Ананьева Н.И. | Предлагаемое нами комплексное решение будет востребовано как лабораториями – закупка разработанных чипов для генотипирования, так и медицинскими организациями, оказывающими специализированную психиатрическую помощь – корпоративная лицензия для доступа к использованию компьютерного алгоритма. Компьютерная программа позволит внедрить интерпретацию фармакогенетического тестирования без дополнительной нагрузки на врачей-клинических фармакологов, что экономит бюджетные расходы. функциональными | 2020 | 2030 | 2000 | 2000 | 2000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |

|  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  | особенностями субстрата головного мозга и когнитивно-поведенческими характеристиками личностей испытуемых. Полученные новые данные будут обобщены в монографии по использованию современных методов визуализации при изучении клинической анатомии и физиологии головного мозга человека. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

**Национальный проект «Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры»**

**Цель 1. Развитие транспортных коридоров «Запад — Восток» и «Север — Юг» для перевозки грузов**

**Федеральный проект 2. Морские порты России**

**Федеральный проект 3. Северный морской путь**

| N п/п | Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы | Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация)               | Ожидаемый результат реализации мероприятия   | Срок начала реализации | Срок окончания реализации (дата контрольного события) | Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
|-------|--|---|--|------------------------|---|---|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
|       |  |   |  |                        |   | 2020                                    | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| 1     | 2  | 4   | 5  | 6                      | 7   | 8                                       | 9     | 10    | 11    | 12    | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   |
| 6     | Науки о Земле  |   |  |                        |   |   |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 6.1   | Фундаментальные научные исследования Арктического и Антарктического регионов                           |   |  |                        |   |   |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 6.1.1 | Субаквальная криолитозона западных арктических морей России  | ФГБУ ВНИИОкеанология им. Грамберга гл.н.с., д.г-м.н. Холмянский М. А. | Оценка характеристик криолитозоны на основании этого анализа. Предварительные геокриологические карты. Характеристики криолитозоны Белого моря, выявленные по результатам анализа опубликованной информации. Характеристики криолитозоны Баренцева моря, выявленные по результатам полевых наблюдений. Характеристики криолитозоны Карского моря, выявленные по результатам полевых наблюдений. Выделение и типизация многолетнемерзлых пород на акватории Белого, Баренцева и Карского морей по результатам полевых морских исследований. Обоснование | 2020                   | 2030  | 5000                                    | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 4000 |

|       |   |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|-------|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
|       |   |   | <p>концептуальных принципов построения геокриологических карт субаквальной криолитозоны, отражающих типы многолетнемерзлых пород, их районирование, морфологические и инженерно-геологические характеристики.</p> <p>Концептуально новые макеты геокриологических карт субаквальной криолитозоны РФ.</p> <p>Комплекты геокриологических карт субаквальной криолитозоны РФ в ГИС формате, подготовленные к изданию.</p> <p>Изданные комплекты и атласы геокриологических карт субаквальной криолитозоны РФ, подготовленные к изданию.</p>  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 6.1.2 | Влияние глобальных климатических процессов на состояние арктических морских и озерных береговых зон | ФГБУ ВНИИОкеангеология им. Грамберга гл.н.с., д.г-м.н. Холмянский М. А. | <p>1. Разработанные принципы построения моделей береговых процессов</p> <p>2. Созданная система прогнозирования изменений состояния морских и озерных берегов под влиянием глобального потепления.</p> <p>3. Новое программное обеспечение для построения многофакторных карт.</p> <p>4. Комплект карт, основанных на новых принципах отображения многофакторной информации.</p> <p>5. Оценка современной роли береговых зон арктических морей в регулировке энергетического баланса шельфа, регулировании геохимической композиции вод и осадков, регулировке водообмена между сушей и</p> | 2020 | 2028 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |  |  |



|       |  |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
|-------|--|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|
|       |  |   | <p>морем, накоплении и распределении загрязнителей, регулировании льдообразования и процессов трансформации ледового покрова.</p> <p>6. Оценки климатических эффектов, как основы риска нарушения функций береговой зоны, ускоренного роста уровня моря с точки зрения ускорения процессов эрозии, возникновения дефицита осадков, изменения штормовых режимов в разных типах береговых арктических зон, гидрологических и гидродинамических эффектов.</p> <p>7. Прогноз последствий глобальных климатических процессов по всем направлениям, включая экономическую составляющую в осваиваемых береговых зонах.</p> |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
| 6.1.3 | <p>Разработка физико-математических моделей программно-алгоритмического обеспечения и информационной технологии в интересах создания системы мониторинга и прогноза гидрофизических полей Северного Ледовитого океана, включая окраинные моря и районы нефтегазодобычи</p> | <p>ФГБУН ИОРАН им.П.П.Ширшова, С-Пб. Филиал<br/>Директор Родионов А. А.</p> | <p>Новые модели динамики морской среды, дрейфа льда, гидрофизических процессов в Северном Ледовитом океане. Система мониторинга и прогноза</p>  | 2020 | 2025 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 3000 |  |  |  |  |  |

|       |  |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|-------|--|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| 6.1.4 | Магматизм Шпицбергена и перспективы его рудоносности | АНО «Научно-исследовательский институт культурного и природного наследия»<br>Директор<br>Великанов Ю.С. | <p>1.Схемы и планы расположения геологических карт масштабов: 1:1 000 000 , 1:500 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, результаты сбивки листов по всей территории островов архипелага. Результаты анализа геофизических карт островов и их частей, в которых распространены магматические породы.</p> <p>Структура банка данных по изотопным датировкам магматических комплексов Шпицбергена, их составу и географическому положению.</p> <p>3.Схемы размещения основных месторождений и проявлений твердых полезных ископаемых и топливно-энергетических ресурсов Шпицбергена. Результаты подсчета ресурсов месторождения фосфоритов, кварцевого сырья, барита, полиметаллов, серебра, золота, как потенциальных объектов для освоения вместо каменного угля, запасы которого постепенно истощаются.</p> <p>4.Результаты полевых исследований, коллекции горных пород и минералов из магматических формаций архипелага Шпицберген</p> <p>5.Результаты лабораторных определений содержаний рудных элементов, изотопного состава и абсолютного возраста горных пород магматического генезиса</p> <p>6.Результаты полевых работ на Земле Норденшельда</p> <p>7. Результаты полевых работ</p> | 2020 | 2028 | 4000 | 2000 | 3000 | 3000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |  |  |
|-------|--|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  | <p>на Земле Оскара II, в Билле-фьорде</p> <p>9. Классификация и анализ коллекционного материала, результаты лабораторных определений состава горных пород и минералов. Результаты изотопных определений абсолютного возраста магматических горных пород.</p> <p>8. Схема эволюции фанерозойского магматизма Шпицбергена</p> <p>9. Схема корреляции полученных данных с картографическими и опубликованными материалами отечественных и зарубежных: норвежских, английских, польских геологов. Схема размещения полезных ископаемых, ассоциирующих с магматическими комплексами. Текст рекомендаций для составления геологических карт Шпицбергена в масштабе 1:200000. Общая схема магматизма Шпицбергена</p> <p>10. Подготовленный к изданию текст монографии «Магматизм Шпицбергена»</p> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|       |   |  |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |
|-------|---|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|
| 6.1.5 | Исследование причин глобальной перестройки климатической системы Земли в середине плейстоцена по данным изучения кернов древнейшего льда Антарктиды | ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» зав.лаб. Липенков В.Я. | 1. Новый метод датирования ледяных кернов, пригодный для определения возраста древних (старше 1 млн. лет) ледяных отложений с частично нарушенной последовательностью залегания ледяных слоев.<br>2. Первые данные о концентрации CO <sub>2</sub> и CH <sub>4</sub> в атмосфере Земли 1,5-0,8 млн. лет назад, полученные по древнему льду Антарктиды.<br>3. Реконструкция изменений температуры воздуха, высоты поверхности и размеров ледникового покрова Восточной Антарктиды и по данным изотопных и газовых анализов ледникового льда возрастом 0,8-1,5 млн. лет и результатам моделирования.<br>4. Оценка роли изменения концентрации парниковых газов и эволюции размера Восточно-антарктического ледникового покрова в перестройке климатической системы во время МРТ.<br>5. Научно-обоснованная оценка перспективности районов, лежащих вверх по течению льда от станции Восток, для осуществления нового международного проекта глубокого бурения льда с целью получения непрерывного палеоклиматического ряда длиной 1,5-2,0 млн. лет. | 2020 | 2026 | 2000 | 3000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 1000 |  |  |  |  |
| 8     | Экология и природные ресурсы  |  |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |
| 8.1   | Биоресурсы. Изучение и мониторинг биоразнообразия Северо-   |  |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |

|       |   |  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|---|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | Запада России   |  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8.1.4 | Техногенные фильтры и градиенты как фактор формирования современной биосферы: техноэкосистемы, источники биопомех, биологические инвазии, процесс колонизации   | ЗИН РАН, СПбНЦ РАН вед.н.с., д.б.н. М.И. Орлова  | Монография, содержащая оригинальные данные и обобщение современных исследований о протекании микроэволюционных процессов под влиянием техногенной активности человека; об изучении техногенных фильтров и градиентов как факторов формирования современной биосферы.  | 2020 | 2030 | 3800 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |
| 8.2   | Влияние природопользования на экосистемы региона  |  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8.2.3 | Мониторинг влияния деятельности морских портов Финского залива на природные комплексы   | БИН РАН директор д.б.н. В.Т. Ярмашко   | Оценка влияния деятельности терминалов морских портов на природные комплексы региона.   | 2020 | 2030 | 2500 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| 8.2.5 | Разработка научных основ пространственного планирования морепользования в условиях береговых и подводных ландшафтов восточной части Финского залива   | ЗИН РАН в.н.с. д.б.н. М.И. Орлова НИЦЭБ РАН к.х.н. Л.А. Жаковская ВСЕГЕИ к.г.-м.н. Д.В. Рябчук | Создание базы данных о современном состоянии подводных ландшафтов как основы для пространственных планов и разработка рекомендаций по морскому пространственному планированию.  | 2020 | 2030 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1500 | 1500 |
| 8.2.6 | Реконструкция истории развития крупных водных бассейнов Европейского севера России (Белое море, Онежское озеро, Ладожское озеро, Балтийское море в поздне- и послеледниковое время (на протяжении последних 15000 лет). | РГПУ им. Герцена, д.г.н. Д.А. Субетто  | Будет составлена полная сводка палеолимнологически изученных разрезов озерных отложений региона, получены данные о возрастах смены осадконакопления в озерах и таким образом воссоздана смена природных обстановок в различных районах региона исследований. Микробиологические, геохимические и другие виды лабораторных анализов донных отложений озер дадут подробные данные для палеогеографических | 2020 | 2030 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |

|       |   |                                  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|---|----------------------------------|--|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|       |   |                                  | реконструкций природной среды. Будут построены палеогеографические карты очертаний палеобассейнов для отдельных участков Белого моря, Онежского озера, Ладожского озера, и восточной части Финского залива для отдельных временных срезов. Будут подготовлены к печати публикации в высоко рейтинговых отечественных и зарубежных изданиях.  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8.2.7 | Общие принципы формирования превентивной программы и требования к средствам- претендентам предупреждения развития биозагрязнения и биопомех.  | ЗИН РАН<br>д.б.н.<br>М.И. Орлова | Планирование современной превентивной программы по контролю биозагрязнения и связанных с ним биопомех на технических объектах, включая АЭС. Конкретные мероприятия стратегии планируют в соответствии с знаниями о формировании обрастания как взаимодействия физических и биологических процессов, составом и динамикой развития биообрастания в наиболее уязвимых частях системы в каждом конкретном случае. Методологической основой превентивной программы является мониторинг источников биопомех и биозагрязнения. | 2020 | 2030 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8.2.8 | Разработка научных основ анализа и экспертизы результатов наблюдений за развитием биологического загрязнения в техноэкосистемах и предложений рынка средств и подходов к защите природных и техногенных объектов от биозагрязнения. | ЗИН РАН<br>д.б.н.<br>М.И. Орлова |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Цель 2. Повышение уровня экономической связанности территории Российской Федерации посредством расширения и модернизации железнодорожной, авиационной, автодорожной, морской и речной инфраструктуры**

**Федеральный проект 4. Железнодорожный транспорт и транзит**

**Федеральный проект 8. Высокоскоростное железнодорожное сообщение**

| N п/п | Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы   | Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация)   | Ожидаемый результат реализации мероприятия  | Срок начала реализации | Срок окончания реализации (дата контрольного события) | Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|--|---|---|------------------------|---|---|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |  |   |   |                        |   | 2020                                    | 2021  | 2022  | 2023  | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| 1     | 2  | 4   | 5   | 6                      | 7   | 8                                       | 9     | 10    | 11    | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   |
| 3     | Материаловедение, механика, прочность  |   |   |                        |   |   |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
| 3.1   | Конструкционная прочность и механика разрушения.   |   |   |                        |   |   |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
| 3.1.1 | Междисциплинарные исследования в области физики прочности и механики разрушения конструкционных материалов, формулировка на их основе критериев прочности и работоспособности элементов атомных реакторов различного типа, работающих в экстремальных условиях воздействия тепловых и нейтронных полей, жесткого электромагнитного излучения и агрессивных сред. | ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», СПбГПУ, СПбГУ, ФТИ им. Иоффе, ИМАШ, ОКБ «Гидропресс», РНЦ «Курчатовский институт», ПИЯФ и др. | Критерии и модели хрупкого и вязкого разрушения, а также разрушения при ползучести, методы анализа поведения трещин в твердом теле, основанные на физических процессах и механизмах деформирования и повреждения с учетом деградации материалов, работающих в экстремальных условиях. Современные научно-обоснованные методы долгосрочного прогнозирования служебных характеристик конструкционных ферритных материалов, подверженных радиационному воздействию и термическому старению, для усовершенствования методов расчета целостности, работоспособности и ресурса корпусов реакторов и другого | 2020                   | 2023  | 94020                                   | 60500 | 38000 | 10800 |      |      |      |      |      |      |      |

|       |   |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |   |   | ответственного оборудования АЭС.   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3.1.2 | Разработка инновационных принципов создания конструкционных материалов с заданными свойствами с учетом механизмов их повреждения и деградации при сверхвысоких дозах облучения для внутрикорпусных устройств и оболочек твэлов перспективных реакторов на тепловых и быстрых нейтронах с водяным, жидкометаллическим и газовым теплоносителями. | ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей». ОАО «Ижорские заводы», ЗАО «Диаконт», «Северсталь», СПбГПУ, ЛАЭС, Кольская АЭС, ОКБ «Гидропресс», НИИАР, ФЭИ, ПИЯФ и др. | Основные методические принципы создания конструкционных материалов для оборудования АЭС с заданными свойствами на основе разработанных моделей деградации материалов и критериев предельных состояний с учетом технологии получения материалов и технологии изготовления оборудования с целью повышения надежности и ресурса оборудования АЭС. Современные научно-обоснованные критерии предельных состояний оболочек твэлов перспективных реакторов на тепловых и быстрых нейтронах с водным и жидкометаллическим теплоносителями. Основные методические принципы создания радиационно-стойких материалов, обеспечивающих требуемые служебные характеристики при сверхвысоких дозах нейтронного облучения. Современные научно-обоснованные критерии предельных состояний для элементов проектируемых реакторов с жидкометаллическим и газовым теплоносителями. Научно-обоснованные принципы создания конструкционных материалов с заданными свойствами для элементов перспективных реакторов с жидкометаллическим и | 2020 | 2030 | 29100 | 29100 | 65700 | 65700 | 65700 | 73200 | 73200 | 73200 | 36600 | 36600 | 36600 |



|        |   |  |   |      |      |        |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |
|--------|---|--|---|------|------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        |   |  | газовым теплоносителями.  |      |      |        |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |
| 3.2.1. | Динамика структурных превращений в сплошных средах при экстремальных воздействиях техногенного и природного характера | НИЦ «Динамика» ИПМаш РАН - СПбГУ, СПбИПМаш РАН, ФТИ им. А.Ф. Иоффе, СПбПУ Петра Великого, ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», ПГУПС Александра I | Создание фундаментальных основ, методических принципов и практических методик, нормативной и испытательной базы для надежного прогнозирования поведения сплошных сред и конструкционных материалов при экстремальных воздействиях.  | 2020 | 2030 | 133300 | 83300 | 83300 | 83300 | 83300 | 133300 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 |
| 3.2.2. | НОЦ «Динамика»  | СПбГУ, НИЦ «Динамика» СПбПУ Петра Великого ИПМаш РАН ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН ПГУПС Александра I ЦНИИ КМ «Прометей»                      | Результаты получаемые на экспериментальных комплексах Центра могут быть применены в современных авиа- и судостроении, электро- и энергомашиностроении, во многих областях, где все более широкое применение находят новые материалы и конструкции, работающие в экстремальных условиях высокоскоростных динамических воздействий. Специалисты как академического, так и инженерного профиля в области механики и физики материалов, а также компьютерного моделирования экстремальных физических процессов. | 2020 | 2024 | 50000  | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 |        |       |       |       |       |       |
| 4      | Перспективные фундаментальные исследования в области химии  |  |   |      |      |        |       |       |       |       |        |       |       |       |       |       |
| 4.4.   | Создание научных основ программируемого послойного синтеза (ППС) наноразмерных материалов в условиях                  | ИХС РАН, профессор, д.х.н. О.А. Шилова; СПбГУ, проф.,  | Разработка научных основ программируемого послойного синтеза наноразмерных материалов в условиях “мягкой” химии и   | 2020 | 2030 | 20000  | 8000  | 8000  | 8000  | 8000  | 8000   | 7000  | 7000  | 7000  | 8000  | 8000  |

|     |   |   |  |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|---|---|--|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     | «мягкой» химии и применение полученных результатов для решения практически важных задач.  | д.х.н. В.П. Толстой;<br>Российский НИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА, проф. В.Н.Чеботкевич   | их применения для решения актуальных и практически важных задач. В ходе реализации предлагаемой темы планируется создать 2 малых предприятия, которые будут заниматься организацией серийного производства высокопроизводительного оборудования для синтеза материалов методами ППС, производством опытных партий новых нано- и микротубулярных структур широкого круга неорганических соединений, включая ряд металлов и их оксидов, гидроксидов, сульфидов и фторидов, а также серийного производства изделий физико-технического и биомедицинского назначений, в том числе высокоэффективные суперконденсаторы и системы очистки биологических жидкостей. |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4.6 | Новые подходы жидкофазного синтеза для развития ресурсосберегающих электрохимических технологий: разработки конструктивных элементов эффективных устройств хранения и преобразования химической энергии в электрическую | ИХС РАН, д.т.н. Кручинина И.Ю., д.х.н. проф. О.А. Шилова; ИВС РАН, д.ф.-м.н. Г.К. Ельяшевич; ФТИ РАН, чл.-корр. РАН П.С. Копьёв; СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д.т.н. Тупик В.А.; ИЭЭ РАН, чл.-корр. РАН Чубраева Л.И.; АФИ, к.б.н. | Разработка стратегии и методов направленного синтеза новых композиционных материалов с заданными физико-химическими и электрофизическими характеристиками для высокоэффективных устройств современной энергетики – будут созданы мембраны, каталитические слои, твёрдые электролиты и электроды на единой технологической основе – методе твёрдофазного контролируемого синтеза, позволяющего регулировать процессы формирования   | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 7000 | 7000 |

|      |   |   |  |      |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------|---|---|--|------|------|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|      |   | <p>ХОМЯКОВ Ю.В.;<br/>         КРЫЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР, ФИЛИАЛ ЦНИИ СЭТ, КАСАТКИН М.А.; АО «НАУЧНЫЕ ПРИБОРЫ», ТЕХ. ДИР. НИКОЛАЕВ В.И.;<br/>         ГУМРФ им. АДМ. МАКАРОВА, д.т.н. ШИШКИН В.А.</p> | <p>структуры материалов на молекулярном и наноуровнях. После апробации разработанных технологий и создания опытных образцов результаты планируется применить для решения актуальных практически важных задач путем внедрения устройств высокоэффективного преобразования химической энергии в электрическую и современных систем хранения энергии нуждаются суда-перевозчики газовых месторождений, скоростные железные дороги</p> |      |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10   | Междисциплинарные проблемы транспортных систем  |   |  |      |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10.4 | Архитектура и методология построения единой транспортной системы страны (ЕТС), обеспечивающей оптимальный уровень связности территории РФ | <p>СПбНЦ РАН, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», СПбПУ им. Петра Великого</p>  | <p>Разработка принципов организации и построения и развития единой транспортной системы России, основанной на рациональном взаимодействии различных видов транспорта</p>   | 2020 | 2022 | 80000 | 90000 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## Национальный проект «Наука»

### Цель 1. Обеспечение присутствия России в числе пяти ведущих стран мира, осуществляющих научные исследования и разработки в областях, определенных приоритетами научно-технологического развития

| N п/п | Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы  | Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация)    | Ожидаемый результат реализации мероприятия   | Срок начала реализации | Срок окончания реализации (дата контрольного события) | Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|--|--|------------------------|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |   |  |  |                        |   | 2020                                    | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  | 2025  | 2026  | 2027  | 2028  | 2029  | 2030  |
| 1     | 2   | 4  | 5  | 6                      | 7   | 8                                       | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    |
| 1     | Приоритетные научные исследования в области физико-математических наук  |  |  |                        |   |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.1   | Приоритетные научные исследования в области математических наук   |  |  |                        |   |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.1.1 | Алгебра и теория чисел. Развитие алгебро-геометрических, топологических и мотивных методов, применение их к решению классических проблем математики.  | СПбНЦ РАН<br>ПОМИ РАН<br>СПбГУ                             | Развитие этих методов позволит применить хорошо разработанные алгебро-геометрические и гомотопические методы к решению весьма трудных классических арифметических проблем.   | 2020                   | 2030  | 50000                                   | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 |
| 1.1.2 | Математический и функциональный анализ. Исследования в области гармонического и комплексного анализа. Систематическое использование методов гармонического анализа в теории функций нескольких комплексных переменных | СПбНЦ РАН<br>ПОМИ РАН;<br>Лаборатория им. Чебышева (СПбГУ) | Переход в области гармонического анализа от конкретных функциональных пространств и конкретных операторов к их классам и обобщениям, изучение пространств Лебега и Соболева с переменным показателем. Гармонический анализ на сфере, создание теории аппроксимации на сфере. | 2020                   | 2030  | 50000                                   | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 |
| 1.1.3 | Теория вероятностей и математическая статистика.  | СПбНЦ РАН,<br>СПбГУ;<br>ПОМИ РАН                           | Изучение асимптотических закономерностей, возникающих в задачах  | 2020                   | 2030  | 30000                                   | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 |

|       |  |                                   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|-----------------------------------|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | Решение аналитических проблем теории вероятностей и математической статистики, применение аналитических методов при решении статистических задач.  |                                   | теории вероятностей и математической статистики<br>Приложения аналитических методов в физике, биологии, вычислительной математике и других естественных науках.   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.1.4 | Геометрия и топология. Исследование вопросов, связанных с дискретизацией римановых и финслеровых многообразий посредством аппроксимации их сетями. Изучение связи крупномасштабной геометрии некомпактных пространств с геометрией их границ на бесконечности. Исследования по тропической геометрии, гомотопическим инвариантам и случайным блужданиям. | СПбНЦ РАН,<br>ПОМИ РАН            | Разработка и внедрение численных методов при решении геометрических проблем.<br>Решения ключевых проблем виртуализации и геометризации трехмерных многообразий.<br>Решения классических проблем алгебраической геометрии над полями комплексных и вещественных чисел, построение вещественных алгебраических кривых с контролируемой топологией, и вычисления плоских инвариантов Громова — Виттена.  | 2020 | 2030 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 |
| 1.1.5 | Уравнения математической физики и дифференциальные уравнения в частных производных. Изучение уравнений Навье-Стокса и их применимости для описания динамики вязкой несжимаемой жидкости при больших числах Рейнольдса. Получение апостериорных оценок для различных краевых и начально-краевых задач математической физики.                              | СПбНЦ РАН,<br>СПбГУ;<br>ПОМИ РАН; | Создание и развитие математического аппарата, позволяющего адекватно моделировать явления, наблюдаемые в жидких и газообразных средах, а также позволяющего проводить качественный анализ и расчет различных параметров и характеристик течений указанных сред. Вычисление расстояния между заданной функцией и точным решением соответствующей краевой задачи, имеющее исключительно важное значение для количественного анализа математических моделей, | 2020 | 2030 | 70000 | 70000 | 70000 | 70000 | 70000 | 70000 | 70000 | 70000 | 70000 | 70000 | 70000 |

|       |  |                           |  |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------|--|---------------------------|--|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       |  |                           | возникающих в естественных науках.   |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 1.1.6 | Теоретическая физика. Исследования в квантовой теории Янга-Миллса. | СПбНЦ РАН, ПОМИ РАН, ПИЯФ | <p>Развитие методов квантовой теории поля с использованием опыта решений точно интегрируемых моделей; развитие новых методов, позволяющих анализировать квантовые системы вне рамок обычной теории возмущений; развитие математического аппарата теории квантовых групп и ее приложение к квантовому методу обратной задачи.</p> <p>Выяснение основных принципов, лежащих в основе обнаруженной дуальности между теорией калибровочных полей и теорией струн, в частности, интегрируемости определенных классических и квантовых моделей, возникающих как со стороны теории поля, так и со стороны теории струн, а также изучение свойств представлений конечномерных и аффинных алгебр Ли, необходимых для исследования квантовых интегрируемых систем и топологических теорий поля.</p> <p>Вычисление корреляционных функций (функций Грина) квантовых интегрируемых моделей и описание их связей с классическими интегрируемыми системами, изучение связей корреляционных функций квантовых интегрируемых</p> | 2020 | 2030 | 100000 | 100000 | 100000 | 100000 | 100000 | 100000 | 100000 | 100000 | 100000 | 100000 | 100000 |

|       |   |                                      |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|--------------------------------------|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |   |                                      | моделей с объектами комбинаторики, изучение интегрируемых моделей для описания явлений квантовой нелинейной оптики, изучение связи интегрируемых спиновых цепочек с R-матрицами и изучение уравнения Янга-Бакстера.  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.1.7 | Теоретическая информатика. Теория сложности алгоритмов, теория схемной сложности, теория сложности вычислений, исследования комбинаторных структур и исследования по теории графов. | ПОМИ РАН, СПбНЦ РАН НИУ ИТМО         | Разработка методов автоматического доказательства верхних оценок для алгоритмов, работающих методом расщепления, новых алгоритмов и оценок сложности для задачи максимальной выполнимости, задачи о максимальном разрезе, задаче о кратчайшей общей надстройке. Новые верхние оценки на DPLL-алгоритмы для задачи выполнимости, улучшающие предыдущие рекордные значения и новые экспоненциальные нижние оценки на выполнимых формулах, которые на данный момент доказаны для ограниченных классов DPLL-алгоритмов. Оценки качества алгоритмов коммутации сетевых пакетов в ограниченном буфере. | 2020 | 2030 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 |
| 1.2   | Приоритетные научные исследования в области астрономии и астрофизики  |                                      |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.2.1 | Физика и эволюция вырожденных звездных объектов (белых карликов и нейтронных звезд). Механизмы энерговыделения пульсаров, взрывных  | ГАО РАН; ИПА РАН; ФТИ РАН, СПбНЦ РАН | Построение модели магнито-левитационной аккреции на нейтронные звезды и черные дыры, объяснение происхождения, тепловой и магнито-ротационной эволюции   | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |

|       |  |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|--|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | переменных, рентгеновских и гамма-барстеров, повторяющихся и космологических гамма-всплесков. Исследования структуры течения плазмы в окрестности аккрецирующих нейтронных звезд, процессы генерации теплового и нетеплового излучения этих объектов и моделирование процессов ускорения частиц до высоких и сверхвысоких энергий в процессе вспышки сверхновой и гамма-всплесков. |  | пульсаров, разработка механизма энерговыделения барстеров и повторяющихся гамма-всплесков. Разработка и создание телескопов гамма-излучения высоких и сверхвысоких энергий космического и наземного базирования. Наблюдения космических источников высоких энергий на крупнейших рентгеновских, оптических и радиотелескопах. |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.2.2 | Исследования активных ядер галактик и взаимодействия галактик. Всеволновая синхронная фотометрия, спектроскопия и поляриметрия в оптическом и радиодиапазонах, исследования релятивистских истечений вещества (джеты) из этих объектов вплоть до области их формирования.  | СПбНЦ РАН, СПбГУ; ГАО РАН; ИПА РАН САО РАН | Изучение глобальной экосистемы галактики и проверка справедливости предположений, лежащих в основе современной модели галактической эволюции. Наблюдения и интерпретация эволюции джетов из активных ядер галактик. Наблюдательная проверка и уточнение сценария взаимодействия галактик.                                     | 2020 | 2030 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 |
| 1.2.3 | Исследование межзвездной среды, областей звездообразования и межзвездных молекулярных полос. Моделирование свойств межзвездной пыли, параметров молекулярных облаков и глобул повышенной плотности, являющихся очагами   | СПбНЦ РАН, СПбГУ; ГАО РАН; ИПА РАН САО РАН | Получение информации об эволюции Галактики от момента ее формирования до настоящего времени и построение сценария ее дальнейшего развития. Определение динамических характеристик Галактики, механизма формирования ее структуры и процессов звездообразования.   | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |



|       |  |   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|---|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | звездообразования.<br>Спектросткопия<br>межзвездных облаков с<br>рекордным отношением<br>сигнала к шуму  |   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.3   | Приоритетные научные<br>исследования в области<br>физики элементарных<br>частиц.   |   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.3.1 | Экспериментальные<br>исследования и<br>феноменологическое<br>описание адронов и<br>сильных взаимодействий.   | ПИЯФ;<br>СПбГУ;<br>СПбГПУ;<br>СПбНЦ РАН             | Углубление понимания<br>свойств сильных<br>взаимодействий и<br>описывающей их<br>Квантовой Хромодинамики<br>(КХД). Выявление и<br>моделирование тех<br>следствий КХД, которые не<br>поддаются пока прямым<br>расчетам. Возможны<br>приложения, например, к<br>проблеме генерации<br>космических лучей и их<br>влияния на процессы и<br>объекты в космосе, к<br>созданию атомных<br>реакторов с запуском от<br>ускорителя, и др. | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| 1.3.2 | Завершение<br>формулировки<br>Стандартной Модели<br>взаимодействий<br>элементарных частиц,<br>уточнение ее параметров.<br>Описание структуры<br>необходимого для нее и<br>лишь недавно открытого<br>Хиггсовского сектора;<br>понимание механизмов<br>смешивания кварков и<br>лептонов. | ПИЯФ;<br>СПбГУ;<br>СПбГПУ;<br>СПбНЦ РАН             | Экспериментальные<br>исследования и<br>феноменологическое<br>описание<br>электромагнитных и слабых<br>взаимодействий адронов и<br>лептонов. Возможны<br>приложения к физике<br>космических лучей, к<br>астрофизике (в частности, к<br>описанию Солнца и<br>сверхновых звезд), к<br>дистанционному контролю<br>атомных реакторов, к<br>зондированию<br>внутренности Земли, и др.   | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| 1.3.3 | Поиски явлений и<br>изучение физики за<br>пределами Стандартной<br>Модели элементарных<br>частиц.  | ПИЯФ;<br>СПбГУ;<br>СПбГПУ,<br>ФТИ РАН,<br>СПбНЦ РАН | Выявление границ<br>применимости Стандартной<br>Модели. Определение<br>возможных путей<br>расширения ее или выхода  | 2020 | 2030 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 |

|       |  |                                       |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|---------------------------------------|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | <p>Поиски нейтрон-antineйтронных переходов и/или распада протона. Поиски безнейтринных двойных бета-распадов и/или аналогичных процессов (например, двойных К-захватов). Поиски и изучение новых типов нейтрино, например, тяжелых и/или стерильных. Поиски суперсимметрии и связанных с ней частиц. Поиски новых промежуточных бозонов и других неожиданных частиц. Поиски "Великого Объединения" (с более высокой симметрией, чем в Стандартной Модели). Поиски эффектов гравитации, классической и/или квантовой, в мире элементарных частиц. Прямые и косвенные поиски Темной Материи. Выяснение природы Темной Энергии.</p> |                                       | за ее пределы.  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.3.4 | <p>Теоретические исследования возможностей описания микромира. Построение и исследование различных квантово-полевых и других моделей. Изучение роли размерности пространства, а также различных методов квантования и регуляризации. Суммирование рядов диаграмм Фейнмана и изучение их поведения в различных предельных случаях (в том числе, при</p>   | <p>ПИЯФ, СПбГУ, СПбГПУ, СПбНЦ РАН</p> | <p>Выявление новых возможностей построения последовательной самосогласованной теории для описания свойств и взаимодействий элементарных частиц, Темной Материи и других объектов микромира.</p> | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |

|       |   |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | высокой энергии).<br>Выявление связей (дуальности) между различными моделями.<br>Поиски путей описания конфайнмента в неабелевых калибровочных теориях.   |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.4   | Приоритетные научные исследования в области ядерной физики.   |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.4.1 | Изучение структуры атомных ядер.<br>Прецизионные измерения масс и других характеристик ядер (времена жизни, свойства возбужденных состояний, вероятности переходов, распределение ядерной материи и т.п.).<br>Исследования ядер вдали от полосы стабильности.<br>Изучение влияния ядерной среды на свойства нуклонов и других адронов внутри ядра.  | ПИЯФ,<br>СПбГУ,<br>СПбГПУ,<br>ФТИ РАН,<br>ВНИИМ,<br>СПбНЦ РАН |  | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| 1.4.2 | Изучение горячей ядерной материи.<br>Участие в экспериментах по взаимодействию ядер (или отдельных адронов) с ядрами при высоких и сверхвысоких энергиях, на ускорительных установках (в частности, на больших коллайдерах) или с использованием космических лучей.<br>Детальное изучение свойств конечного состояния при таких взаимодействиях (множественности, струи, флейворный состав, угловые распределения и | ПИЯФ,<br>СПбГУ,<br>СПбГПУ,<br>СПбНЦ РАН                       | Развитие представлений о ядрах (и даже отдельных нуклонах) как сгустках новой формы материи - горячей ядерной жидкости. Выяснение свойств этой жидкости при сверхвысоких давлениях и температурах.<br>Развитие методов квантовой статистики для описания горячих ядер.<br>Возможные приложения, например, к астрофизике, в частности, для описания свойств Вселенной на ранней стадии ее развития после Большого Взрыва. | 2020 | 2030 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 |

|       |  |  |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | др.) и их зависимости от параметров начального состояния.  |  |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.4.3 | <p>Исследования ядерных реакций и процессов деления в широком диапазоне энергий и масс. Поиски и изучение корреляций вторичных частиц при спонтанном и/или инициированном расщеплении (делении) ядер. Исследование подпорогового рождения адронов на ядрах. Изучение глубоко-неупругого рассеяния на ядрах, в особенности, в кинематически "запрещенной" области <math>x &gt; 1</math>.</p> <p>Получение и использование ускоренных пучков нестабильных ядер, в том числе для ядерно-спектроскопических исследований. Изучение свойств нейтроноизбыточных ядер в реакциях с легкими и тяжелыми (в том числе нейтроноизбыточными) ионами. Изучение реакций, важных для астрофизических исследований. Изучения механизмов взаимодействия ядер в условиях первичного нуклеосинтеза и проверки существующих на сегодняшний день сценариев нуклеосинтеза.</p> | СПбГУ; ФТИ, ПИЯФ; Радиевый институт, СПбНЦ РАН | <p>Определение механизмов и динамики реакций с нуклонами и атомными ядрами (в том числе нестабильными). Определение слабой нейтральной константы из асимметрии в реакции поляризованных холодных нейтронов на легких ядрах. Новые теоретические и экспериментальные данные о сечениях образования нейтроноизбыточных изотопов Th, U и Pu и их делительных характеристиках. Построение моделей для предсказания свойств новых нейтроноизбыточных нуклидов, делительных характеристик и сечений образования нейтроноизбыточных нуклидов в реакциях многонуклонных передач. Вычисление выходов реакций, имеющих приложение к астрофизическим задачам с применением модифицированных моделей для описания прямых реакций. Улучшение описания звездного нуклеосинтеза, включая проблемные области (нейтронодефицитные ядра, изотопические метеоритные аномалии, ограничения на массу элементов для г-процессов). Определение положений подбарьерных резонансов для легких ядер.</p> | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |

|       |   |   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|---|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |   |   | Определение спектроскопических факторов и асимптотических нормализационных коэффициентов для изучаемых реакций.   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.4.4 | <p>Применение ядерно-физических методов для решения фундаментальных и прикладных задач в смежных областях. Применение статистических методов, развитых в ядерной физике, к системам наноразмера. Рентгеновская и гамма-спектроскопия термоядерной плазмы. Создание таблиц и баз данных свойств радионуклидов, создание справочников оценённых данных.</p> | СПбГУ, ФТИ РАН, Радиевый институт, ПИЯФ, ВНИИМ, СПбНЦ РАН | <p>Описание термодинамических свойств наносистем, в том числе возможности возникновения в них высокотемпературной сверхпроводимости. Разработка методов детектирования состояния плазмы в установках типа «Токамак». Постоянно обновляемые базы данных и таблицы свойств радионуклидов. Создание кристалл-дифракционных спектрометров с более высокими характеристиками. Разработка новых методов получения радиофармпрепаратов и новых методов диагностики и лечения заболеваний. Исследования на реакторе ПИК позволят нейтронными методами изучить кристаллическую структуру материалов, атомную динамику, магнитные явления и фазовые переходы в конденсированных средах, процессы в жидкостях и аморфных веществах, свойства полимеров, поверхностей, атомных кластеров и наноструктур, биологических объектов на молекулярном уровне.</p> | 2020 | 2030 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 |
| 1.4.5 | Исследования проблем  | Радиевый  | Расчеты и измерения   | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |

|       |  |   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|---|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | ядерной энергетики.<br>Ядерные технологии.                                     | институт<br>ПИЯФ,<br>СПбНЦ РАН            | ядерных констант и физико-химических свойств для жидкосолевого реактора, управляемого ускорителем заряженных частиц. Изучение сходства и различия свойств веществ, выстроенных из элементов разного изотопного состава: исследование особенностей процессов переноса и диссипации энергии электронных возбужденных состояний в смешанных системах, содержащих состояния, подчиняющиеся статистикам Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака; изучение возможных запретов на перенос энергии, обусловленных сверхтонкими взаимодействиями, в средах, содержащих элементы разного изотопного состава. Изучение первичных фотофизических процессов в средах с разным изотопным составом дает возможность проектирования последующих химических процессов, т.е. фотохимических реакций, с целью осуществления макроскопического разделения изотопов. |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.5   | Приоритетные научные исследования в области физики конденсированного состояния |   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.5.1 | Физика полупроводников и полупроводниковых гетероструктур.                     | ФТИ РАН,<br>СПбГУ,<br>СПбПУ,<br>НИУ ИТМО, | Создание полупроводниковых структур с заданными физическими свойствами.   | 2020 | 2030 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 |

|       |  |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|--|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |  | АУ НОЦНТ,<br>СПбНЦ РАН   | Открытие новых оптических и транспортных эффектов.  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.5.2 | Физика твердотельных наносистем. Получение нанообъектов и изучение их физических свойств.  | АУ НОЦНТ,<br>ФТИ РАН,<br>ИВС РАН,<br>СПбНЦ РАН                               | Создание наноматериалов и наноструктур. Обнаружение новых физических эффектов, обусловленных нанометровыми размерами системы.   | 2020 | 2030 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 |
| 1.5.3 | Магнетизм и спинтроника. Управление спинами и намагниченностью в конденсированных средах. Создание магнитных материалов.                       | ФТИ РАН,<br>СПбГУ,<br>НИУ ИТМО,<br>ПИЯФ,<br>СПбНЦ РАН                        | Демонстрация возможности управления спиновыми и магнитными свойствами конденсированных сред оптическими, магнитными и электрическими способами.   | 2020 | 2030 | 1000  | 1000  | 1000  | 1000  | 1000  | 1000  | 1000  | 1000  | 1000  | 1000  | 1000  |
| 1.6   | Приоритетные научные исследования в области оптики и лазерной физики   |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.6.1 | Солнечная энергетика. Разработка и исследование кремниевых и концентраторных солнечных элементов на основе гетероструктур $A^3B^5$             | ФТИ РАН,<br>Хевел,<br>СПбНЦ РАН  | Достижение КПД >45% концентраторных солнечных элементов и срока службы космических батарей >20лет на геосинхронных орбитах за счет создание новых типов квантово-размерных гетероструктур с увеличенным (до 4-5) числом p-n переходов и создания гетероструктур со множественными Бреговскими отражателями для повышения КПД и радиационной стойкости космических солнечных элементов. Достижение КПД >20% кремниевых солнечных элементов за счет разработки технологий НТ. | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| 1.6.2 | Мощные светодиоды на основе соединений $A^3N$ . Разработка и исследование высокоэффективных и сверхярких монокристаллических и гибридных белых | ФТИ<br>НТЦ<br>Микроэлектроника<br>Софт-Импакт<br>Светлана-Рост,<br>СПбНЦ РАН |   | 2020 | 2030 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 |

|       |  |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|--|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | светодиодов $A^3N$ .   |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.6.3 | Мощные полупроводниковые лазеры и лазерные линейки ближнего ИК диапазона. Разработка и исследование полупроводниковых лазеров на базе квантоворазмерных гетероструктур с классической конструкцией резонатора Фабри-Перо, излучающих в диапазоне 700-2000нм.   | ФТИ РАН<br>СПБАУ<br>СПБПУ<br>Коннектор<br>Оптикс,<br>СПбНЦ РАН | Решение прикладных и фундаментальных научно-технических задач и создание лазерных излучателей для широкого спектра применений, в т.ч. для оптической накачки, медицинских приборов и систем специального назначения   | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| 1.6.4 | Полупроводниковые лазеры видимого и УФ диапазона. Разработка и исследование полупроводниковых лазеров на основе соединений $A^2B^6$ и $A^3N$   | ФТИ<br>НТЦ<br>Микроэлектроники<br>Софт-Импакт,<br>СПбНЦ РАН    | Создание полупроводниковых лазеров и лазерных конвертеров на основе соединений $A^2B^6$ с УФ и электронной накачкой для систем проекционного телевидения, навигации и локации, а также полупроводниковых лазеров на основе соединений $A^3N$ для перспективных систем лазерного освещения, биомедицинских и специальных применений.                   | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| 1.6.5 | Светодиоды, лазеры и фотоприемники в средней ИК области спектра. Разработка и исследование полупроводниковых фотоприемников, светодиодов и лазеров на базе сурьмянистых наногетероструктур для диапазона 1.6-5мкм. Разработка фотонных технологий обработки сигналов для создания энергоэффективных сенсоров и сенсорных | ФТИ РАН,<br>СПбНЦ РАН  | Создание перспективных средств экологического мониторинга и спектроскопии газов (метана, двуокиси углерода, окиси углерода и др.). Разработка фундаментальных основ оптоинформатики и оптических принципов измерений с оценкой их предельных возможностей. Разработка одно- и многоэлементных сенсоров в области среднего ИК с рекордными параметрами | 2020 | 2030 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 |



|       |   |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|--|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | систем микроволновой фотоники   |  | по чувствительности (до $10^{11}$ смГц <sup>1/2</sup> /Вт) и быстродействием до $10^{-9}$ с. Создание малофотонных позиционно-чувствительных сенсоров с рекордным разрешением до $5 \times 10^{-6}$ от поля зрения.   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.6.6 | Поверхностно-излучающие лазеры с вертикальным резонатором. Разработка и исследование лазеров VCSEL (vertical-cavity surface-emitting lasers – англ.) и VECSEL (vertical external cavity surface-emitting lasers)  | ФТИ РАН<br>НТЦ<br>Микроэлектроники<br>СПбАУ<br>СПбПУ,<br>СПбНЦ РАН | Решение задачи «последней мили» в волоконно-оптических линиях связи (совместно с пластиковыми оптическими волокнами), а также применение в оптических межсоединениях в суперкомпьютерах и в автономных навигационных системах. Создание мощных источников постоянного и импульсного лазерного излучения с высоким качеством луча.   | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| 1.6.7 | Полупроводниковые микролазеры. Разработка конструкции микролазеров и методов формирования активной области на основе полупроводниковых наногетероструктур. Разработка методов управления спектральными характеристиками, модовым составом, направленностью излучения микролазеров. Разработка методов вывода излучения из микролазеров в оптические волноводы. Исследование переходных процессов и быстродействия микролазеров. Повышение температурной | СПбАУ<br>ФТИ РАН<br>НИУ ИТМО,<br>СПбНЦ РАН                         | Развитие научных и технологических основ полупроводниковых микролазеров с активной областью на основе массивов квантовых точек и квантовых ям. Новые данные о физических процессах, протекающих в микроизлучателях, и возможностях целенаправленного управления их свойствами. Создание микролазеров с параметрами, позволяющими использовать их в качестве активных излучателей в системах оптической передачи и обработки информации, реализующих свою функциональность в пределах микрочипа. | 2020 | 2030 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 |

|       |  |                              |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|------------------------------|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | стабильности, повышение предельной рабочей температуры, снижение рабочих токов, миниатюризация геометрии лазерных излучателей.   |                              |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.6.8 | Генерация сверхкоротких импульсов при помощи полупроводниковых лазеров. Изучение динамики полупроводниковых лазеров для получения сверхкоротких оптических импульсов, а также определения причин ограничения мощности при сверхвысоких уровнях токовой накачки в импульсном режиме и поиск путей их преодоления. | ФТИ РАН, НИУ ИТМО, СПбНЦ РАН | Изучение динамики излучательной рекомбинации, заполнения состояний и насыщения усиления в полупроводниковых лазерах при сверхвысоких уровнях токовой накачки в импульсном режиме. Создание компактных и эффективных источников коротких лазерных импульсов для перспективных направлений в области обработки материалов и биомедицинских применений, включая генерацию белков теплового шока и лазерные адьюванты вакцин. | 2020 | 2030 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 |
| 1.6.9 | Твердотельные и газовые лазеры. Разработка новых конструкций твердотельных и газовых лазеров   | НИУ ИТМО, СПбНЦ РАН          | Создание новых конструкций твердотельных лазеров с полупроводниковой накачкой и системами управления и коррекции лазерных пучков большой энергии (мощности) для информационных систем и прецизионных технологических применений; газовых лазеров с оптической, в т.ч. солнечной, накачкой, предназначенных для обработки материалов и утилизации солнечной энергии; лазеров безопасного для глаз диапазона с диодной      | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |

|        |   |   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------|---|---|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        |   |   | накачкой; нового поколения лазеров на основе параметрической генерации света для прецизионной хирургии; лидаров на основе малогабаритных твердотельных лазеров с диодной накачкой и генерацией гармоник.                                  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.6.10 | Коллоидные квантовые точки. Разработка методов создания коллоидных квантовых точек и приборов на их основе.   | ЛЭТИ<br>НИУ ИТМО<br>ФТИ РАН,<br>СПбНЦ РАН             | Создание перспективных светоизлучающих приборов, дисплеев и солнечных элементов на основе коллоидных квантовых точек.   | 2020 | 2030 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 |
| 1.6.11 | Квантово-каскадные лазеры. Разработка и исследование квантово-каскадных лазеров для среднего инфракрасного и терагерцового диапазонов.  | ФТИ РАН<br>СПбАУ<br>Коннектор<br>Оптикс,<br>СПбНЦ РАН | Создание компактных и эффективных лазерных источников для систем высокоскоростной беспроводной связи в атмосфере, локации, мониторинга окружающей среды, медицинской диагностики и систем специального назначения.                        | 2020 | 2030 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 |
| 1.6.12 | Сверхфокусировка излучения многомодовых полупроводниковых лазеров. Разработка новых методов фокусировки многомодового лазерного излучения.                                      | ФТИ РАН,<br>СПбНЦ РАН                                 | Развитие т.н. «прямых» применений полупроводниковых лазеров за счет снятия непреодолимых до настоящего времени ограничений на предельно достижимый размер фокусного пятна многомодового луча с высоким параметром распространения $M^2$ . | 2020 | 2030 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 |
| 1.6.13 | Метаматериалы, фотонные кристаллы и топологические изоляторы. Разработка и исследование метаматериалов, фотонных кристаллов и топологических изоляторов для управления потоками | ФТИ РАН,<br>НИУ ИТМО,<br>СПбНЦ РАН                    | Создание элементной базы нового поколения для оптических средств передачи, обработки и хранения информации, отличающихся высоким (субпикосекундным) быстродействием, долговременной стабильностью характеристик, малым                    | 2020 | 2030 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 |

|        |   |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------|---|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        | электромагнитного излучения.  |   | энергопотреблением, повышенной механической устойчивостью.   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.6.14 | Компактные излучатели терагерцового диапазона. Разработка и исследование новых методов генерации терагерцового излучения.   | ФТИ РАН, НИУ ИТМО, ЛЭТИ, СПбНЦ РАН                | Создание новых систем медицинской диагностики, систем безопасности, экологического мониторинга и контроля качества, а также развитие применений терагерцового излучения во многих других областях науки и техники.   | 2020 | 2030 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 |
| 1.7    | Приоритетные научные исследования в области физики плазмы.  |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.7.1  | Физика высокотемпературной плазмы и управляемый ядерный синтез. Участие России в программе Международного экспериментального токамака-реактора (ИТЭР) - разработка методов нагрева, генерации стационарного тока и диагностики высокотемпературной плазмы. Разработка альтернативных систем управляемого термоядерного синтеза с магнитным удержанием (сферические токамаки, токамаки с сильным полем, стеллараторы, прямые магнитные ловушки). | ФТИ РАН, НИИЭФА, СПбНЦ РАН                        | Развитие методов микроволновой диагностики для крупномасштабных установок, включая токамак-реактор ИТЭР в режиме термоядерного горения. Моделирование и оптимизация сценариев разряда ИТЭР на сферическом токамаке «Глобус-М». Разработка нейтронных источников для лабораторных исследований процессов деградации элементов конструкций, первой стенки и blankets токамака-реактора ИТЭР в условиях интенсивного нейтронного облучения. | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| 1.7.2  | Физика низкотемпературной плазмы. Управление параметрами низкотемпературной плазмы с большим удельным энерговыделением,   | ФТИ РАН, ИЭЭ РАН, НИИЭФА, СПбГУ, СПбПУ, СПбНЦ РАН | Развитие физических принципов и методов создания импульсной и квазистационарной неравновесной низкотемпературной плазмы разрядов высокого  | 2020 | 2030 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 |

|       |  |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | в интересах новых технологий.  |   | <p>давления с большим удельным вкладом энергии на единицу массы газа; исследование плазменных микрополей и элементарных процессов в их присутствии, исследование динамики низкотемпературной плазмы в условиях интенсивной эмиссии заряженных частиц из плазмы и транспортировки сфокусированных пучков через плазму.</p> <p>Разработка плазменных технологий для создания новых, в том числе композиционных и наноструктурированных, материалов с заданными физико-химическими свойствами.</p> <p>Исследование импульсных разрядов в плазме щелочных металлов, вакуумных дуг и относящихся к ним катодных явлений.</p> <p>Разработка и создание источников плазмы и заряженных частиц с заданными физическими свойствами.</p> |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.7.3 | Пламенные процессы в геофизике и астрофизике. Определение основных параметров плазмы и физических процессов в межпланетной и межзвездной среде, областях звездообразования, магнитосферах нейтронных звезд и черных дыр. Динамика плазмы, ускорение частиц и | ФТИ РАН, ГАО РАН, ИПА РАН, СПбГУ, СПбФ ИЗМИРАН, СПбНЦ РАН | <p>Исследование плазменных процессов в геофизике, в том числе с помощью активных спутниковых экспериментов.</p> <p>Исследование атмосферного электричества и разработка методов управления его характеристиками.</p> <p>Разработка методов диагностики воздействия высокоэнергичных геофизических процессов</p>  | 2020 | 2030 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 |

|       |   |   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|---|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | генерация электромагнитного излучения в астрофизической плазме. Исследование электрических явлений в атмосфере.   |   | на ионосферу, исследования влияния высотных электрических разрядов (спрайтов, эльфов) на ионосферу, генерации тепловых структур в запыленной плазме нижней ионосферы, воздействия атмосферной волновой динамики на ионосферу. Интерпретация наблюдаемых спектральных и временных особенностей излучения космических источников, диагностика физических условий в окрестности компактных объектов, анализ кинетических процессов в плазме релятивистских джетов и ударных волн, построение моделей аккреционных дисков, источников гамма-всплесков, микрокварзаров и активных ядер галактик. |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.8   | Приоритетные научные исследования в области геофизики и радиофизики.  |   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.8.1 | Геофизика. Проведение глобальной геомагнитной съемки территории России. Организация непрерывных наблюдений геомагнитных вариаций в опорных точках. Палеомагнитные исследования. Исследования физической природы конвекции и переноса, электропроводности недр Земли, других планет и их спутников. Мониторинг электромагнитной активности вулканов. | СПбФ ИЗМИРАН, СПбГУ, ГАО РАН, СПбНЦ РАН | Создание современной базы геомагнитных данных. Развитие теоретических представлений о процессах генерации магнитного поля Земли и его вариаций в широком диапазоне частот. Уточнение шкалы инверсий магнитного поля Земли. Развитие магнитной навигации и ориентации в Мировом океане. Выделение краткосрочных предвестников сильных землетрясений и раннего оповещения цунами.   | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |

|       |  |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|--|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | Разведка месторождений полезных ископаемых.  |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.8.2 | Радиофизика. Исследования особенностей распространения и дифракции радиоволн в атмосфере и околоземном пространстве. Радиозондирование и активное воздействие на ионизированную среду мощным радиоизлучением. Изучение нелинейных процессов, выявление оптимальных условий преобразования энергии пучка в волновую энергию. Радиотомография. | СПбФ ИЗМИРАН, СПбГУ, СПбНЦ РАН   | Развитие теории нелинейных волновых процессов в неоднородных средах. Развитие теории излучения и распространения радиоволн в средах со сложными границами. Повышение точности приема радиосигналов со спутниковых систем навигации. Развитие электродинамических представлений литосферно-атмосферно-ионосферных связей для создания спутниковой системы мониторинга краткосрочных предвестников землетрясений, катастрофических извержений вулканов и динамики тайфунов. | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| 3     | Развитие фундаментальных междисциплинарных исследований в области материаловедения, механики, прочности. Разработка новых материалов.  |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3.3   | Композитные материалы и покрытия   |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3.3.1 | Создание научных принципов и разработка инновационной технологии получения композиционных порошковых материалов на основе управляемого механохимического синтеза и самораспространяющегося высокотемпературного  | Руководители работ: Орыщенко А.С. Генеральный директор ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» д.т.н., доцент Исполнители: | Расшифровка механизма взаимодействия матричного пластичного дисперсионного материала с высокотвердыми наноразмерными частицами при высокоскоростном ударно-волновом взаимодействии, создание научных принципов и разработка инновационной   | 2020 | 2024 | 30000 | 60000 | 60000 | 80000 | 80000 |       |       |       |       |       |       |

|       |   |   |   |      |      |       |       |        |       |        |        |  |  |  |  |  |
|-------|---|---|---|------|------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--|--|--|--|--|
|       | синтеза для аддитивных технологий.  | ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», СПб ПУ Петра Великого, СПб ГЭТУ «ЛЭТИ» им. Ульянова Ленина.  | технологии получения композиционных наноструктурированных порошковых материалов на основе управляемого механохимического синтеза и самораспространяющегося высокотемпературного синтеза для аддитивных технологий на основе отечественного сырья.   |      |      |       |       |        |       |        |        |  |  |  |  |  |
| 3.3.2 | Разработка физико-химических основ и высокоэффективных методов получения наноструктурированных композиционных функционально-градиентных покрытий (ФГП) с рекордно высокими механическими, термическими, адаптивными и коррозионностойкими свойствами для работы в экстремальных условиях. | Руководители работ: Кузнецов П.А., д.т.н., начальник лаборатории ФГУП КМ «Прометей» Жабрев В.А., чл.-корр. РАН, д.х.н., профессор<br>Исполнители: ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей»; СПб ГЭТУ «ЛЭТИ» им. Ульянова Ленина. | Создание фундаментальных основ и методических принципов формирования композиционных наноструктурированных функционально-градиентных покрытий с рекордно высоким комплексом управляемых свойств и разработка и освоение компьютеризированной технология их получения для перспективных изделий общего и специального назначения.       | 2020 | 2023 | 40000 | 80000 | 120000 | 80000 |        |        |  |  |  |  |  |
| 3.3.3 | Изучение принципов создания метаматериалов на базе композиционных периодических (квазипериодических) структур, эффективно взаимодействующих с электромагнитным излучением широкого диапазона частот.  | Руководитель работ: Тупик В.А., д.т.н., профессор, проректор СПбГЭТУ "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова Ленина.<br><br>Исполнители: СПбГЭТУ "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова Ленина; ФГУП ЦНИИ                                    | Обоснование научных принципов создания метаматериалов на базе композиционных периодических (квазипериодических) структур, эффективно взаимодействующих с электромагнитным излучением широкого диапазона частот.<br><br>Разработка композиционных метаматериалов с заданными свойствами, в том числе на основе наноструктурированных и | 2020 | 2025 | 50000 | 50000 | 50000  | 60000 | 120000 | 160000 |  |  |  |  |  |



|       |   |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
|-------|---|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|
|       |   | КМ<br>«Прометей»  | самоорганизующихся композиционных структур, для эффективного взаимодействия с электромагнитным излучением широкого диапазона частот. Создание основ технологии получения композиционных метаматериалов с заданными свойствами. Разработка метаповерхностей для формирования заданного фазового фронта электромагнитной волны с целью использования в качестве отражательных элементов и/ или фокусировки электромагнитного излучения.  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| 3.3.4 | Разработка нового класса температуростойких полимерных композиционных материалов на основе наномодифицированных термопластичных матриц и полифункциональных покрытий для защитных экранов спецтехники от воздействия электромагнитного излучения. Разработка физико-химических основ создания антиобледенительных и радиационно-стойких покрытий для образцов новой техники (органосиликатные и реакционно связанные покрытия). | Руководители работ:<br>чл.-корр. РАН, д.х.н., В.А. Жабрев; профессор, д.т.н. Тупик В.А. Проректор СПбГЭТУ «ЛЭТИ»,<br>Исполнители: ФТИ им А.Ф. Иоффе РАН, СПбГТИ(ТУ), СПбГЭТУ «ЛЭТИ», ФГУП «Гидроприбор» | Новый класс температуростойких полимерных композиционных материалов на основе наномодифицированных термопластичных матриц и полифункциональных покрытий для защитных экранов спецтехники от воздействия электромагнитного излучения. Разработка физико-химических основ создания антиобледенительных градиентных и атмосферостойких радиационно-стойких дезактивируемых покрытий и электроизоляционных покрытий с интервалом рабочих температур от минус 40 до 1200 оС для образцов новой техники. Технологический задел | 2020 | 2026 | 50000 | 50000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 |  |  |  |  |

|       |   |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|--|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |   |  | мелкосерийного производства органосиликатных покрытий в системах «полиорганосилоксаны – природные слоистые гидросиликаты – пигменты – наноразмерные функциональные добавки»   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3.3.5 | Биосовместимые нанокompозиты для замены костной ткани | Руководитель проекта: Денисюк И.Ю., д.ф.-м.н., проф., зав каф. инженерной фотоники НИУ ИТМО    | Новый класс биосовместимых нанокompозиционных материалов, обеспечивающих формирование имплантатов формы методом 3D печати и предназначенных для замены поврежденных или отсутствующих фрагментов скелета и/или направленной регенерации костной ткани в ортопедии и черепно-челюстно-лицевой хирургии. Доклинические испытания элементов, имитирующих имплантат. Выработка рекомендаций по использованию имплантатов и нанокompозитов для их формирования в медицинской практике. | 2020 | 2030 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 20000 | 20000 |
| 3.3.6 | Биоразлагаемые полимерные материалы для медицины      | Руководитель проекта: д.т.н. проф. Успенская М.В. руководитель Института биоинженерии НИУ ИТМО | Расширение ассортимента исходных полимерных биodeградируемых материалов для регенеративной медицины, создание задела для разработок в области абсорбирующих изделий медицинского назначения, что позволит в значительной мере реализовать программы ресурсосбережения и защиты среды. Созданы сополимеры на   | 2020 | 2028 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 26000 | 12000 |       |       |

|       |  |  |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |  |  | <p>основе акрилов и винилтетразолов, исследованы закономерности образования и свойства нового класса биodeградируемых сополимеров. Разработаны и изучены процессы формирования полимерных нанокомпозиционных материалов, претерпевающих структурные изменения под воздействием внешних условий, способные к биodeградации в естественных условиях. Изучены механизмы протекания процессов биodeградации, проведено моделирование поведения биodeградируемых полиэлектролитов, создана концепция «материал-внешние условия-биодеструктор». Создан задел для разработок в области абсорбирующих изделий медицинского назначения для комплексного воздействия на раневой процесс.</p> |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3.3.7 | <p>Материалы с улучшенными функциональными характеристиками: свойства, применение, перспективы</p> | <p>Руководитель проекта: академик Морозов Н.Ф., зав. кафедрой СПбГУ<br/>Исполнители: СПбГУ</p> | <p>Разработаны методы теоретического описания деформационного поведения, усталостных свойств и долговечности материалов с улучшенными функциональными характеристиками (сплавов с памятью формы, керамик, нанокомпозитов) и устройств с элементами из этих материалов как при квазистатических режимах работы, так и в условиях</p>  | 2020 | 2030 | 11000 | 11000 | 11000 | 11000 | 11000 | 11000 | 11000 | 11000 | 11000 | 11000 | 11000 |

|     |  |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |
|-----|--|--|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
|     |  |  | экстремальных интенсивных воздействий. Рекомендации по направленному изменению свойств этих материалов и по их использованию.   |      |      |       |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |
| 4   | Перспективные фундаментальные исследования в области химии |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |
| 4.1 | Техническое стекло. Технология, свойства, применение       | ИХС РАН, акад. В.Я. Шевченко; ИЦВО РАН, акад. Е.М. Дианов; АО «Научные приборы», д.т.н.В.Н.Соколов | 1. Полностью восстановить объемы и номенклатуру производства отечественного стекла в условиях рыночной экономики.<br>2. Существенно расширить перечень функциональных стеклообразных материалов и разработать новые современные технологии (энергосберегающие типы - светорегулирующее термохромное строительное стекло и др., совершенствование поверхностных характеристик листового стекла.<br>3. Создать новые классы оптических стёкол (композиционные фотохромные кварцонидные стекла для интегральной оптики, висмут-содержащие кварцонидные стекла для волоконно-оптических систем связи, тонкоплёночные покрытия листового стекла с регулируемым светопропусканием, самоочищающиеся стёкла с фотокаталитическим покрытием и др.).<br>4. Получить опытные образцы новых устройств для электроники и | 2020 | 2030 | 70000 | 70000 | 70000 | 70000 | 70000 | 70000 | 100000 | 80000 | 70000 | 70000 | 70000 |



|     |   |  |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|---|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     |   |  | изготовление оборудования, (ОКР) – опытно-промышленное внедрение – промышленное внедрение).  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4.2 | Разработка новых функциональных наноматериалов вида «ядро-оболочка» с применением нанотехнологии молекулярного наслаивания.   | СПбГТИ (ТУ), А.А. Малыгин, д.х.н.  | Будут предложены и оптимизированы режимы получения, и созданы экспериментальные образцы наноматериалов различного функционального назначения с повышенными эксплуатационными характеристикам, соответствующие мировому уровню, а в ряде случаев превышающие параметры зарубежных аналогов  | 2020 | 2030 | 40000 | 40000 | 40000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | 50000 | 50000 | 50000 |
| 4.3 | Разработка и создание экспериментальных образцов установок молекулярного наслаивания  | СПбГТИ (ТУ), А.А. Малыгин, д.х.н.  | Будут созданы экспериментальные образцы импортозамещающих установок молекулярного наслаивания, проведены их испытания. Разработана конструкторско-технологическая документация на промышленные установки в соответствии с конкретными областями их применения  | 2020 | 2030 | 80000 | 80000 | 80000 | 80000 | 60000 | 60000 | 60000 | 60000 | 60000 | 60000 | 60000 |
| 4.4 | Создание научных основ программируемого послойного синтеза (ППС) наноразмерных материалов в условиях «мягкой» химии и применение полученных результатов для решения практически важных задач. | ИХС РАН, проф., д.х.н. О.А. Шилова; СПбГУ, проф., д.х.н. В.П. Толстой; Российский НИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА, проф. В.Н.Чеботкевич | Будут созданы научные основы программируемого послойного синтеза наноразмерных материалов в условиях «мягкой» химии и результаты применены для решения актуальных и практически важных задач. По мере развития предлагаемой темы планируется создать 2 малых предприятия, которые будут заниматься организацией серийного производства высокопроизводительного | 2020 | 2030 | 10000 | 8000  | 8000  | 8000  | 8000  | 8000  | 7000  | 7000  | 7000  | 8000  | 8000  |

|     |   |  |   |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|-----|---|--|---|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
|     |   |  | оборудования для синтеза материалов методами ППС, производством опытных партий новых нано- и микроотбулярных структур широкого круга неорганических соединений, включая ряд металлов и их оксидов, гидроксидов, сульфидов и фторидов, а также серийного производства изделий физико-технического и биомедицинского назначений, в том числе высокоэффективные суперконденсаторы и системы очистки биологических жидкостей.   |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
| 4.5 | Разработка научно-технических основ применения сверхпроводниковых, магнитомягких, магнитотвердых и изоляционных наноструктурированных материалов для создания высокоэффективных систем получения, передачи, распределения и потребления электрической энергии с учетом изменяющихся подходов и технических решений по проблемам энергосбережения в Санкт-Петербурге и Северо-Западном промышленном регионе. | ИХС РАН, чл.-корр. РАН Л.И. Чубраева; НИИЭФА им. Д.В. Ефремова, д.т.н., проф. О.Г. Филатов; ИПЭЭ РАН, ак. В.Ю. Хомич; ФТИ РАН И.В. Грехов; филиал ЦНИИСЭТ ФГУП «Крыловский ГНЦ», д.т.н. проф. Г.Н. Цицикян; ОАО «Силовые машины», чл.-корр. РАН Ю.К. Петреня | В результате выполнения работы будут определены направления совершенствования характеристик наноструктурированных материалов для получения максимального эффекта при создании энергосберегающего сверхпроводникового оборудования для систем получения, передачи, распределения и потребления электрической энергии; созданы научные основы создания комплексов сверхпроводникового оборудования на основе использования наноструктурированных электропроводящих, магнитомягких, магнитотвердых, электро- и теплоизоляционных материалов; созданы и исследованы опытно- | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 10000 | 10000 |

|     |   |  |  |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|---|--|--|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     |   |  | <p>промышленные образцы энергосберегающих устройств; создана демонстрационная зона, объединяющая эти устройства и показывающая эффективность их практического использования.</p> <p>В рамках проекта планируется подготовить кадры в следующих учреждениях: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербургский политехнический Университет им. Петра Великого.</p>  |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4.6 | <p>Новые подходы жидкофазного синтеза для развития ресурсосберегающих электрохимических технологий: разработки конструктивных элементов эффективных устройств хранения и преобразования химической энергии в электрическую.</p> | <p>ИХС РАН, д.т.н. Кручинина И.Ю., д.х.н. проф. О.А. Шилова; ИВС РАН, д.ф.-м.н. Г.К. Ельяшевич; ФТИ РАН, Руководитель чл.-корр. РАН П.С. Копьёв; СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д.т.н. Тупик В.А.; ИЭЭ РАН, чл.-корр. РАН Чубраева Л.И.; Агрофизический институт, к.б.н. Хомяков Ю.В.; Крыловский государственный научный</p> | <p>В результате выполнения работы будут выбраны научно обоснованная стратегия и разработаны методы направленного синтеза новых композиционных материалов с заданными физико-химическими и электрофизическими характеристиками для высокоэффективных устройств современной энергетики.</p> <p>Мембраны, каталитические слои, твёрдые электролиты и электроды будут созданы на единой технологической основе—методе твёрдофазного контролируемого синтеза, позволяющего регулировать процессы формирования структуры материалов на молекулярном и наноуровнях.</p> | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 7000 | 7000 |



|     |   |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     |   | центр, филиал ЦНИИ СЭТ, Касаткин М.А.; АО «Научные приборы», тех. дир. Николаев В.И.; ГУМРФ им. адм. Макарова, д.т.н. Шишкин В.А. | После апробации разработанных технологий и создания опытных образцов результаты планируется применить для решения актуальных практически важных задач. Во внедрении устройств высокоэффективного преобразования химической энергии в электрическую и современных систем хранения энергии нуждаются суда-перевозчики газовых месторождений, скоростные железные дороги |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4.7 | Синтез и исследование свойств физиологически активных производных природных соединений и их аналогов.   | СПбГУ, Кафедра химии природных соединений, зав. кафедрой, д.х.н. Трифонов Р. Е.   | Полученные результаты позволят выявить соединения-лидеры, которые будут использованы при создании новых оригинальных отечественных лекарственных  | 2020 | 2030 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 |
| 4.8 | Гибридные энергозапасующие материалы для литий ионных батарей на основе соединений переходных металлов, проводящих полимеров и углеродных добавок | СПбГУ: Институт химии, кафедра электрохимии, зав. кафедрой, проф. Кондратьев В.В.   | Будут разработаны новые способы химического синтеза композитных металл-полимерных материалов для литий ионных батарей. Будут выявлены основные принципы формирования электродных материалов со сложным составом и структурой, обеспечивающие достижение оптимальных характеристик гибридных катодных материалов.  | 2020 | 2030 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 |
| 4.9 | Синтез новых фотокатализаторов на основе слоистых оксидов для получения водорода из биоспиртов.   | СПбГУ: Институт химии, д.х.н., проф. И.А.Зверева; ИОНХ РАН, д.х.н. Иванов В.К.  | На основании полученных экспериментальных данных и имеющихся теоретических предпосылок будут определены основные факторы и условия, влияющие на эффективность   | 2020 | 2030 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 |

|      |  |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |
|------|--|--|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
|      |  |  | <p>фотокаталитического получения водорода из биоспиртов.</p> <p>Будут предложены наиболее высокоэффективные фотокатализаторы для получения водорода из биоспиртов экологически безопасным и энергоэффективным способом, а также указаны возможные пути к дальнейшему увеличению фотокаталитической активности в данном процессе.</p>  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 4.10 | <p>Исследование процесса неструктивного фторирования элементарным фтором твердых ароматических углеводородов для получения перфторированных органических соединений</p>            | <p>ФГУП «РНЦ «Прикладная химия», Мухортов Д.А.</p>   | <p>Разработка промышленной технологии ПФД. Для реализации этой цели предполагается проведение прикладной НИР, по результатам которой будет разработана промышленная технология, готовая для проведения опытных испытаний.</p> <p>Разработка озонобезопасных технологий производства фторорганических продуктов на основе полученного научного задела в настоящее время. Для этого необходимо проведение поисковых и прикладных НИР.</p> | 2020 | 2030 | 5000  | 5000  | 5000  | 5000  | 5000  | 5000  | 5000  | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 |
| 4.11 | <p>Исследование кинетики и механизма электросинтеза, в том числе электрохимического фторирования в безводном фтористом водороде, перфторированных соединений с гетероатомами и</p> | <p>ФГУП «РНЦ «Прикладная химия», к.х.н. Н.Г.Зубрицкая; ФГУП «РНЦ «Прикладная химия», к.х.н. В.А. Маталин</p> | <p>Будет исследовано современное состояние теоретической проработки математических, химических и инженерных моделей для изучаемых систем. Проработана конструкция установки для возможности изменения параметров процессов. Созданы математические</p>  | 2020 | 2030 | 11000 | 11000 | 11000 | 11000 | 11000 | 11000 | 11000 | 7000 | 7000 | 7000 | 7000 | 7000 |

|      |   |  |  |      |      |       |       |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
|------|---|--|--|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | функциональными группами  |  | <p>модели тепломассообмена для электролитно-перфторированных сред. На втором этапе будет разработана математическая модель протекания реакций фторирования органических соединений, в том числе кислород- и азотсодержащих, а также с другими гетероатомами и функциональными группами. На третьем этапе - отработка процессов фторирования на лабораторной установке, методик отбора проб в процессе электрохимического синтеза, а также наработка образцов, имеющих описанную аналитическую историю. Установление механизмов ЭХФ ряда длинноцепных органических соединений, их энергетических барьеров, предшествующих и последующих реакций. На четвертом этапе - получение продуктов электрохимического синтеза на созданной установке в количествах, достаточных для анализа соотношения модификаций целевых продуктов в зависимости от установленных параметров синтеза.</p> |      |      |       |       |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
| 4.12 | Создание нового поколения бесферментных сенсоров на биологически значимые аналиты (полисахариды, пероксид водорода, органические амины) и кислород, | СПбГУ, проф. С.С. Ермаков; ИАП РАН, проф. Евстапов А.А.; Научно-исследовательс | <p>Основы работы нового поколения амперометрических сенсоров на основе наночастиц металлов, сплавов, оксидов металлов, обладающих биосовместимостью,</p>   | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |

|       |  |  |  |      |      |      |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
|-------|--|--|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
|       | применение полученных результатов для решения задач контроля биологических жидкостей с целью клинической диагностики и мониторинга технологических вод атомных и тепловых электростанций | кий технологический институт им. ак. А.П. Александрова, д.т.н, Гурский В.С | микроразмерами, чувствительностью на уровне наномолей в литре, создана линейка сенсоров для определения кислорода и анализа пищевых продуктов и биологических жидкостей на содержание полисахаридов. Результаты работы позволят существенно повысить безопасность атомной энергетики и внедрить инновационные методы клинической диагностики в рамках госпрограммы «Развитие здравоохранения в Санкт-Петербурге»   |      |      |      |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 6     | Науки о Земле  |  |  |      |      |      |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 6.1   | Фундаментальные научные исследования Арктического и Антарктического регионов   |  |  |      |      |      |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 6.1.1 | Субарктическая криолитозона западных арктических морей России  | ФГБУ ВНИИОкеанология им. Грамберга гл.н.с., д.г-м.н. Холмянский М. А.      | Анализ опубликованной и фондовой отечественной и зарубежной информации. Оценка характеристик криолитозоны на основании этого анализа. Предварительные геокриологические карты. Характеристики криолитозоны Белого моря, выявленные по результатам анализа опубликованной информации. Характеристики криолитозоны Баренцева моря, выявленные по результатам полевых наблюдений. Характеристики криолитозоны Карского моря, выявленные по результатам полевых наблюдений. Выделение и типизация многолетнемерзлых пород на акватории Белого, | 2020 | 2030 | 5000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 4000 |

|       |   |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|-------|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
|       |   |   | <p>Баренцева и Карского морей по результатам полевых морских исследований.</p> <p>Обоснование концептуальных принципов построения геокриологических карт субаквальной криолитозоны, отражающих типы многолетнемерзлых пород, их районирование, морфологические и инженерно-геологические характеристики.</p> <p>Концептуально новые макеты геокриологических карт субаквальной криолитозоны РФ.</p> <p>Комплекты геокриологических карт субаквальной криолитозоны РФ в ГИС формате, подготовленные к изданию.</p> <p>Изданные комплекты и атласы геокриологических карт субаквальной криолитозоны РФ, подготовленные к изданию.</p> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 6.1.2 | Влияние глобальных климатических процессов на состояние арктических морских и озерных береговых зон | ФГБУ ВНИИОкеангеология им. Грамберга гл.н.с., д.г-м.н. Холмянский М. А. | <p>Разработанные принципы построения моделей береговых процессов</p> <p>Созданная система прогнозирования изменений состояния морских и озерных берегов под влиянием глобального потепления.</p> <p>Новое программное обеспечение для построения многофакторных карт.</p> <p>Комплект карт, основанных на новых принципах отображения многофакторной информации.</p> <p>Оценка современной роли</p>   | 2020 | 2028 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |  |  |

|       |   |   |  |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
|-------|---|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|
|       |   |   | <p>береговых зон арктических морей в регулировке энергетического баланса шельфа, регулировании геохимической композиции вод и осадков, регулировке водообмена между сушей и морем, накоплении и распределении загрязнителей, регулировании льдообразования и процессов трансформации ледового покрова.</p> <p>Оценки климатических эффектов, как основы риска нарушения функций береговой зоны, ускоренного роста уровня моря с точки зрения ускорения процессов эрозии, возникновения дефицита осадков, изменения штормовых режимов в разных типах береговых арктических зон, гидрологических и гидродинамических эффектов.</p> <p>Прогноз последствий глобальных климатических процессов по всем направлениям, включая экономическую составляющую в осваиваемых береговых зонах.</p> |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
| 6.1.3 | Разработка физико-математических моделей программно-алгоритмического обеспечения и информационной технологии в интересах создания системы мониторинга и прогноза гидрофизических полей Северного Ледовитого | ФГБУН ИОРАН им.П.П.Ширшова, С-Пб. Филиал Родионов А. А. | Новые модели динамики морской среды, дрейфа льда, гидрофизических процессов в Северном Ледовитом океане. Система мониторинга и прогноза  | 2020 | 2025 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 3000 |  |  |  |  |  |

|       |   |   |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|-------|---|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
|       | океана, включая<br>окраинные моря и районы<br>нефтегазодобычи |   |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 6.1.4 | Магматизм Шпицбергена<br>и перспективы его<br>рудноности      | АНО «Научно-<br>исследовательский институт<br>культурного и<br>природного<br>наследия»<br>Директор<br>Великанов<br>Ю.С. | Схемы и планы<br>расположения<br>геологических карт<br>масштабов: 1:1 000 000 ,<br>1:500 000, 1:200 000, 1:100<br>000, 1:50 000, результаты<br>сбивки листов по всей<br>территории островов<br>архипелага. Результаты<br>анализа геофизических карт<br>островов и их частей, в<br>которых распространены<br>магматические породы.<br>Структура банка данных по<br>изотопным датировкам<br>магматических комплексов<br>Шпицбергена, их составу и<br>географическому<br>положению.<br>Схемы размещения<br>основных месторождений и<br>проявлений твердых<br>полезных ископаемых и<br>топливно-энергетических<br>ресурсов Шпицбергена.<br>Результаты подсчета<br>ресурсов месторождения<br>фосфоритов, кварцевого<br>сырья, барита,<br>полиметаллов, серебра,<br>золота, как потенциальных<br>объектов для освоения<br>вместо каменного угля,<br>запасы которого постепенно<br>истощаются.<br>Результаты полевых<br>исследований, коллекции<br>горных пород и минералов<br>из магматических<br>формаций архипелага<br>Шпицберген.<br>Результаты лабораторных<br>определений содержаний<br>рудных элементов,<br>изотопного состава и | 2020 | 2028 | 4000 | 2000 | 3000 | 3000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |  |  |

|       |   |   |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |
|-------|---|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|
|       |   |   | <p>абсолютного возраста горных пород магматического генезиса. Результаты полевых работ на Земле Норденшельда</p> <p>Результаты полевых работ на Земле Оскара II, в Билле-фьорде</p> <p>Классификация и анализ коллекционного материала, результаты лабораторных определений состава горных пород и минералов. Результаты изотопных определений абсолютного возраста магматических горных пород.</p> <p>Схема эволюции фанерозойского магматизма Шпицбергена</p> <p>Схема корреляции полученных данных с картографическими и опубликованными материалами отечественных и зарубежных: норвежских, английских, польских геологов. Схема размещения полезных ископаемых, ассоциирующих с магматическими комплексами. Текст рекомендаций для составления геологических карт Шпицбергена в масштабе 1:200000. Общая схема магматизма Шпицбергена.</p> <p>Подготовленный к изданию текст монографии «Магматизм Шпицбергена»</p> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |
| 6.1.5 | Исследование причин глобальной перестройки климатической системы Земли в середине плейстоцена по данным изучения кернов | ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» | Новый метод датирования ледяных кернов, пригодный для определения возраста древних (старше 1 млн. лет) ледяных отложений с частично нарушенной   | 2020 | 2026 | 2000 | 3000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |  |  |  |  |



|       |  |   |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|--|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | древнейшего льда Антарктиды  | кий институт» зав.лаб. Липенков В.Я.                                  | последовательностью залегания ледяных слоев. Первые данные о концентрации CO <sub>2</sub> и CH <sub>4</sub> в атмосфере Земли 1,5-0,8 млн. лет назад, полученные по древнему льду Антарктиды. Реконструкция изменений температуры воздуха, высоты поверхности и размеров ледникового покрова Восточной Антарктиды и по данным изотопных и газовых анализов ледникового льда возрастом 0,8-1,5 млн. лет и результатам моделирования. Оценка роли изменения концентрации парниковых газов и эволюции размера Восточно-антарктического ледникового покрова в перестройке климатической системы во время МРТ. Научно-обоснованная оценка перспективности районов, лежащих вверх по течению льда от станции Восток, для осуществления нового международного проекта глубокого бурения льда с целью получения непрерывного палеоклиматического ряда длиной 1,5-2,0 млн. лет. |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 6.2   | Фундаментальные научные исследования региона Ладожского озера  |   |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 6.2.1 | Разработка и применение рациональной системы комплексных исследований природных процессов Ладожского озера | ФГБУН Институт озероведения РАН вед. научн. сотр., д.г.н. Анохин В.М. | Базы данных по современному состоянию и природным процессам на дне, берегах и в водной среде Ладожского озера Комплекты карт и схем по району Ладожского озера Рациональная система  | 2020 | 2030 | 3000 | 3000 | 2000 | 2000 | 3000 | 3000 | 3000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |

|       |  |   |   |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|---|---|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|
|       |  |   | <p>комплексных исследований природных процессов Ладожского озера, включающей:- структуру базы данных, полевой методический комплекс, аналитический методический комплекс, систему обработки данных. Создание основ мониторинга природных процессов Ладожского озера, как части фоновой оценки для постановки экологического мониторинга экосистемы Ладожского озера. Применение созданной системы комплексных исследований природных процессов Ладожского озера в процессе полевых озерных работ</p> <p>Рекомендации по минимизации воздействия опасных природных процессов дна, берегов и водной среды Ладожского озера.</p> <p>Публикация статей по результатам применения системы комплексных исследований природных процессов Ладожского озера</p> <p>Издание атласа карт и монографии по результатам выполнения темы</p> |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |
| 6.2.2 | Разработка и апробация инновационных методов для исследования циркуляции вод в Ладожском озере | ФГБУН Институт озероведения РАН зав. лаб., д.г.н. Науменко М.А. | <p>Новые закономерности циркуляции вод в Ладожском озере, в т.ч. зимой; разработка новой методики – ледовыми буйковыми станциями. Установка вмораживаемых в лед буйковых станций позволит впервые получить представление о</p>  | 2020 | 2024 | 2000 | 2000 | 3000 | 2000 | 2000 |  |  |  |  |  |  |

|       |   |  |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |   |  | гидротермодинамике вод Ладожского озер в зимний период.  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 6.2.3 | Создание научно-теоретических основ решения проблемы организации водоснабжения и водоотведения в условиях чрезвычайных ситуаций и катастроф | АО«Водоканал -Инжиниринг» ген. директор Терентьев В. И   | Созданная научно обоснованная концепция безопасного водоснабжения и водоотведения будет использоваться для трех режимов ЧС в зоне ответственности: повседневная деятельность, повышенная готовность и режим ЧС. В конечном итоге выполнение работ будет способствовать снижению рисков, связанных с ЧС.  | 2020 | 2022 | 6000  | 6000  | 6000  |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7     | Биология и медицина   |  |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.1   | Микробиом и макроорганизм   |  |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.1.1 | Изучение микробиома человека как базисной основы для коррекции инфекционных и неинфекционных патологий                                      | ФГБНУ ИЭМ акад. Софронов Г.А., Суворов А.Н.; Северо-западный медицинский университет имени И.Мечникова Симаненков В.И.; Лаборатория алгоритмической биологии СПбГУ Лapidус А.Л | Будет смонтировано и запущено автоматическое криохранилище на 500000 единиц хранения. Будет собрана коллекция штаммов-возбудителей стрептококковых инфекций и консорциумов индивидуальных микробиоценозов здоровых добровольцев и людей с патологией желудочно-кишечного тракта, кожи и урогенитальной сферы. Будут проанализированы особенности иммуномодулирующей активности известных пробиотиков на основе лактобацилл и энтерококков. Будет разработана компьютерная модель химерной вакцины против стрептококков группы А (СГА) и синтезированы прототипы генетических конструкций новых | 2020 | 2030 | 21000 | 15000 | 43000 | 43000 | 43000 | 43000 | 42000 | 17000 | 17000 | 17000 | 17000 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  | <p>химерных белков.<br/>         Завершение исследований антиопухолевой активности стрептококков на моделях <i>in vitro</i>.<br/>         Приобретение и запуск оборудования для геномного секвенирования (ГС). Разработка алгоритмов анализа микробиоты с применением ГС и обработки данных.<br/>         Проведение пилотных по терапии легочных заболеваний персонифицированными препаратами – аутопробиотиками согласно ранее созданному и запатентованному алгоритму персонифицированной микробной терапии и оценка характера изменения микробиома на фоне аутопробиотической терапии.<br/>         Проведение доклинических исследований терапии опухолей с использованием живых бактериальных штаммов СГА.<br/>         Проведение доклинических исследований новой рекомбинантной вакцины против СГА.<br/>         Будут разработаны подходы к культивированию компонентов индивидуальной микробиоты.<br/>         Метагеномный анализ микробиотных консорциумов.<br/>         Разработка технологии создания комплексных микробиотных препаратов и терапии дисбиотических</p> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|       |   |  |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |   |  | состояний человека<br>Будут разработаны наборы детекции и сорбенты для выделения белков сыворотки крови человека (альбумин, иммуноглобулины), а также внедрены в практическое использование<br>Проведение клинических исследований терапии опухолей с использованием живых бактериальных штаммов СГА и внедрение в практику  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.1.2 | Микробиом и рак. Экспериментальные и клинические исследования эффективности комбинации пробиотика и метформина на развитие спонтанных опухолей, рака толстой кишки и рака молочной железы | НИИ онкологии им. Н.Н. Петрова Минздрава России<br>В.Н. Анисимов чл.-корр. РАН, д.м.н. | Будут получены данные о влиянии пробиотика на основе препарата «Витафлор» одного и в комбинации с метформином на канцерогенез толстой кишки, индуцируемый 1,2-диметилгидразином у самцов крыс и на спонтанный канцерогенез молочных желез у трансгенных мышей HER-2/neu. На этих моделях будут получены результаты по действию комбинации пробиотика с энтеросорбентом «Аквален» и антибиотиком рапамицином.<br>Будут получены результаты по геропротекторному эффекту пробиотика в опытах на мышах. Ожидается, что пробиотик окажет профилактическое действие на всех моделях. При получении положительных результатов опытов на грызунах будут начаты исследования эффективности пробиотика на людях.<br>Ожидается выявление | 2020 | 2030 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 | 14000 |

|       |   |                                       |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|---|---------------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |   |                                       | <p>эффективного торможения канцерогенеза кишки у крыс и рака молочной железы у мышей при совместном введении пробиотика и метформина. Ожидается выявление геропротекторного и противоопухолевого действия совместного применения пробиотика и энтеросорбента</p> <p>Ожидается увеличение длительности безрецидивного периода и выживаемости больных раком</p>  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7.1.3 | Изучение механизмов регуляции проницаемости тканевых барьеров | СПбГУ<br>проф., д.б.н.<br>А.Г. Марков | <p>Используя молекулярно-биологические методы, будут получены результаты о действии различных компонентов химуса, эндотоксинов, на проницаемость эпителия ворсинчатого эпителия стенки кишки, а также изучена роль цитокинов в регуляции транслокации микроорганизмов.</p> <p>Будут получены результаты о барьерных свойствах ворсинчатого эпителия и фолликул-ассоциированного эпителия Пейеровых бляшек стенки кишки крысы при действии различных соединений.</p> <p>Будет получен ответ на вопрос: какие вещества изменяют проницаемость тканевого барьера для макромолекул сопоставимых по молекулярной массе с патогенами, а также транслокацию через эпителий микроорганизмов.</p> <p>Будет выяснены</p> | 2020 | 2030 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 |

|       |  |  |  |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|       |  |  | молекулярные механизмы, лежащие в основе транслокации микроорганизмов в макроорганизм. Будет разработана стратегия предотвращения транслокации микроорганизмов через тканевые барьеры.   |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7.1.5 | Молекулярно-генетические механизмы формирования резистентности оппортунистических микромицетов к современным противогрибковым препаратам | СЗГМУ им. И.И. Мечникова; НИИ медицинской микологии им. П.Н. Кашкина, д.б.н., проф. Васильева Н.В. | В ходе работы над проектом будет определен спектр мутационных изменений генов, кодирующих белки-мишени действия триазолов (ферменты биосинтеза эргостерола) и эхинокандинов (1,3-β-D-глюкан синтазу), характерных для грибов рода <i>Candida</i> , распространенных в РФ. Полученные результаты лягут в основу разработки тест-системы для быстрой диагностики методом ПЦР резистентности. Основная инновационная идея проекта заключается в исследовании генов, кодирующих белки, отвечающие за генетическую стабильность микроорганизма, раскрытия их вклада в патогенез инфекционного процесса, вызванного грибами <i>Candida</i> spp., определения роли их аллельных вариантов в риске развития патологии. | 2020 | 2021 | 5000 | 5000 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7.1.6 | Разработка новых технологий эпидемиологического надзора за мультиантибиотикорезистентными штаммами                                       | СЗГМУ им. И.И. Мечникова, д.м.н., проф. Зуева Л.П.   | На основе использования комбинации различных методов (методов молекулярной эпидемиологии, популяционной генетики   | 2020 | 2021 | 2000 | 2000 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|       |   |  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|---|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | возбудителей инфекционных заболеваний   |  | <p>при оценке частотности генотипов, несущих отдельные генетические элементы, методов филогенетического анализа в т.ч. целых геномов) будет получено целостное представление о роли широко распространенных мобильных генетических элементов, различающихся по функциям, в эволюции эпидемических штаммов возбудителей с множественной устойчивостью к антимикробным препаратам.</p> <p>Полученные данные лягут в основу предложений по совершенствованию системы эпидемиологического надзора за инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи, в частности будут усовершенствованы разработанные нами ранее алгоритмы молекулярно-генетического мониторинга за возбудителями данной группы инфекций.</p> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7.1.7 | Разработка и применение программных продуктов для анализа и систематизации данных геномного секвенирования микробиот больных и здоровых людей | <p>Центр алгоритмической биотехнологии СПбГУ<br/>д.б.н.<br/>Певзнер П.А.</p> | <p>В рамках предлагаемого проекта рассчитывается создать геномный сборщик, позволяющий эффективно работать с метагеномными данными, которыми и являются данные микробиот, и обеспечить исследователей простыми и удобными аналитическими подходами (pipelines), что повысит эффективность исследований в такой важной клинической области. Создание</p>   | 2020 | 2030 | 6500 | 6500 | 6500 | 6500 | 6500 | 6500 | 6500 | 6500 | 6500 | 6500 | 6500 |



|       |   |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |   |   | сборщика метагеномных данных SPAdes признана лучшей в мире и рекомендуется для высококачественной сборки данных в случае сильно неоднородных геномных данных.  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.1.8 | Теоретические и экспериментальные исследования по созданию приборных комплексов на базе масс-спектрометрических методов для диагностики микроорганизмов | ИАП РАН<br>д.т.н., проф.<br>Курочкин В.Е. | Разработка и изготовление опытных образцов приборных комплексов газовой хроматограф-масс-спектрометр с электронным ударом и разрешающей способностью 30 000 и комплекс для рутинного анализа с разрешающей способностью 6000.<br>на базе масс-анализаторов<br>Сертификат на медицинскую технику<br>Опытный образец масс-спектрометра с разрешающей способностью 50000.<br>Источник ионов MALDI<br>Сертификат соответствия на средство измерения<br>Сертификат на медицинскую технику<br>Опытный образец масс-спектрометра с разрешающей способностью 100000.<br>Источник ионов электроспрей<br>Опытный образец масс-спектрометра с разрешающей способностью 150000-175000 с источником ионов с ионизацией при атмосферном давлении | 2020 | 2030 | 15000 | 12000 | 12000 | 75000 | 75000 | 45000 | 35000 | 35000 | 35000 | 35000 | 35000 |
| 7.2   | Молекулярная медицина, онкология, иммунология   |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.2.1 | Изучение молекулярно-генетических особенностей рака   | Лаборатория нанобиотехнологий СПбАУ       | Детальное исследование молекулярных особенностей данного типа  | 2020 | 2030 | 1500  | 1500  | 1500  | 1500  | 1500  | 1500  | 1500  | 1500  | 1500  | 1500  | 1500  |

|       |  |   |   |      |      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-------|--|---|---|------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|       | молочной железы и создание тест-систем для выявления предиктивных маркеров   | РАН, Академический ун-т   | опухолей с использованием наиболее современных методов генетического анализа может позволить точнее определить патогенетические особенности различных видов рака молочной железы и значительно повысить эффективность уже существующих методов терапии.   |      |      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 7.2.2 | Разработка способов повышения контрактной визуализации солидных опухолей в однородных тканевых структурах при совместном использовании светодиодных источников света и фотоактивных веществ <i>in vitro</i> и <i>in vivo</i> | Лаборатория нанобиотехнологий СПбАУ РАН, Академический ун-т д.м.н. Ф.В. Моисеенко | Будут разработаны методики динамической визуализации с помощью флюоресцентных красителей для использования и совершенствования радикальности противоопухолевого лечения за счет динамического воздействия на оставшиеся скопления   | 2020 | 2030 | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    | 1600    |
| 7.2.3 | Разработка на основе моноклональных антител против эндоглина (CD105) препаратов для визуализации сосудистой сети солидных новообразований методами иммуноцитинграфии и иммуно-ПЭТ  | ФГБУ «РНЦРХТ» МЗ РФ проф., д.м.н., Климович В.Б.                                  | Планируемое исследование позволит получить информацию, необходимую для проведения клинических испытаний меченых изотопами Fab-фрагментов для визуализации сосудистой сети солидных новообразований. Изотопные методы визуализации, основанные на регистрации связывания меченных антител с эндотелием сосудов опухолей, могут обеспечить более раннюю диагностику, более обоснованную оценку прогноза, более точное планирование и контроль эффективности лечения солидных опухолей человека. | 2020 | 2021 | 13536,8 | 14890,6 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 7.2.4 | Разработка и   | ФГБУ  | Создать композиционный  | 2020 | 2030 | 13800,9 | 14239,9 | 14239,9 | 14951,9 | 20699,5 | 16484,4 | 16484,4 | 17308,7 | 18174,1 | 19082,8 | 20036,9 |

|       |  |   |   |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
|-------|--|---|---|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
|       | исследование нового лекарственного препарата, содержащего наноразмерные магнитные частицы для лечения злокачественных опухолей методами рентгеноэндovasкулярной окклюзии сосудов опухолей и высокоэффективной гипертермии. | «РНЦРХТ» МЗ РФ, акад., д.м.н., проф. Гранов А.М.,   | препарат с наночастицами магнетита на основе кремнийорганических полимеров, способных в течение 20 минут обеспечить высокую текучесть препарата по катетерам и сосудам опухоли, для равномерного проксимально-дистального распределения препарата по сосудистой системе с последующим превращением в гель для остановки кровотока в сосудах. Провести все требуемые по GLP доклинические испытания препарата в эксперименте. Разработать технические требования к качеству препарата. Разработать ТУ на препарат. Разработать опытно-производственный регламент на производство препарата. Разработать фармакопейную статью предприятия. Провести клинические испытания препарата в условиях рентгеноэндovasкулярной окклюзии сосудистой системы рака почки. Получить регистрационное удостоверение на препарат. Создать производство препарата и метода лечения больных с онкологическими заболеваниями паренхиматозных органов. |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
| 7.2.5 | Разработка предсказательного маркера эффективности лучевой и химиолучевой терапии больных злокачественными новообразованиями   | РОНЦ им. Н.Н.Блохина РАН, Давыдов М.И., проф., д.м.н. Корьтова Л.И., проф., д.м.н. Иванов С.Д.; | Выявление возможных взаимосвязей между результатами применения модификаторов величины предсказательного биохимического показателя и результатами лечения онкологических больных.  | 2020 | 2030 | 5690,2 | 6088,5 | 6514,7 | 6970,7 | 7458,6 | 7650,6 | 8186,1 | 8759,2 | 9372,3 | 10028,4 | 10730,4 |

|       |   |   |  |      |      |        |        |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
|-------|---|---|--|------|------|--------|--------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|
|       |   | ФГБУ «РНЦ<br>ретгенодиагностики» МЗ РФ,<br>Каприн А.Д.;<br>ВНИКИ МЛТ,<br>Опалев А.А.  | Заключение результатов<br>проведения межцентровых<br>испытаний методов<br>предикции. Создание<br>макета прибора для<br>определения<br>предсказательного<br>показателя эффективности<br>ХЛТ онкологических<br>больных путем анализа<br>крови. Индивидуальный<br>отбор онкологических<br>больных для использования<br>стандартных схем ХЛТ,<br>повышение эффективности<br>лечения. Статьи в<br>журналах, монография.<br>Автоматизация<br>определения<br>предсказательного<br>показателя. |      |      |        |        |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
| 7.2.6 | Радиационный гормезис.<br>Обоснование нового<br>механизма и практические<br>следствия   | ФГБУ<br>«РНЦРХТ» МЗ<br>РФ, проф.,<br>д.м.н.<br>Шутко А.Н.,<br>СПбНИИ<br>радиационной<br>гигиены им.<br>профессора<br>П.В. Рамзаева;<br>ФГБВОУВО<br>ВМедА им.<br>С.М. Кирова,<br>проф. Башарин<br>В.А. | Новая теория позволит<br>пересмотреть<br>радиобиологические и<br>токсикологические основы<br>формирования лечебного<br>применения радиации и<br>химиопрепаратов,<br>обосновать новые<br>схемы лечения с<br>использованием сниженных<br>доз цитотоксических<br>агентов в онкологии, и<br>скорректировать<br>нормативные величины в<br>области радиационной<br>гигиены.  | 2020 | 2021 | 1452,0 | 1597,2 |      |      |      |      |  |  |  |  |  |
| 7.2.8 | Генная клеточная терапия<br>ВИЧ и ВИЧ-<br>ассоциированных<br>злокачественных<br>новообразований на<br>основе трансплантации<br>гемопозитических<br>стволовых клеток с<br>применением технологии<br>сайт-специфического<br>редактирования генома | НИИДОГ и Г<br>им. Р.М.<br>Горбачевой<br>к.м.н. Попова<br>М.О.,<br>д.м.н., проф.<br>Афанасьев Б.В.   | Создание платформы<br>редактирования генома<br>гемопозитических стволовых<br>клеток. Оценка<br>эффективности,<br>определение оптимальных<br>условий, механизма<br>генетической модификация.<br>Оценка эффективности<br>используемой платформы в<br>подходах к лечению ВИЧ-   | 2020 | 2025 | 2000   | 2000   | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |  |  |  |  |  |

|        |   |  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|---|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|        |   |  | инфекции посредством редактирования CCR5  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7.2.9  | Молекулярные механизмы наследственных форм болезни Паркинсона. Подходы к лечению  | Первый СПбГМУ им. И.П. Павлова, д.б.н. С.Н.Пчелина, проф., д.м.н. А.Ф.Якимовский, академик РАН, проф. А.Скоромец, доцент, к.м.н. А.А.Тимофеева | Проведенные исследования позволят уточнить частоту распространенности, а также особенности течения GBA- и LRRK2-ассоциированной болезни Паркинсона в Северо-Западном регионе России, что крайне важно для разработки подходов к медико-генетическому консультированию наследственных форм заболевания. Впервые in vitro будет получены данные о возможности применения фармакологических шаперонов GBA лечения болезни Паркинсона. Исследование молекулярных основ нейродегенерации при болезни Паркинсона будет способствовать разработке подходов к терапии и выявлению маркеров ранней преклинической диагностике заболевания. | 2020 | 2021 | 4000 | 4000 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7.2.12 | Изучение фундаментальных механизмов эпигенетической регуляции на уровне транскриптома (посредством микроРНК) и ферментов, модифицирующих ДНК В-лимфоцитов в развитии хронической обструктивной патологии легких | СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова, д.м.н. проф. Трофимов В.И. СПбАУ РАН, Академически й ун-т   | Создание инновационного подхода к диагностике, таргетной терапии, профилактике БА, ХОБЛ, БА-ХОБЛ<br>Создание инновационного подхода к лечению и профилактике бронхиальной астмы   | 2020 | 2030 | 3701 | 3701 | 3701 | 3701 | 3701 | 3701 | 3701 | 3701 | 3701 | 3701 | 3701 |
| 7.2.13 | Молекулярная структура, биологические свойства фиброз-ингибирующего фактора и его роль в  | СПбГМУ им. И.П. Павлова<br>Лаборатория трансплантоло   | Получение фиброзингибирующего фактора, описание молекулярной структуры  | 2020 | 2025 | 2000 | 2500 | 3000 | 3000 | 3000 | 3500 |      |      |      |      |      |

|        |   |  |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------|---|--|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        | нормальном развитии и патогенезе заболеваний человека   | гии и молекулярной гематологии НИИ ДОГиТ им. Р.М. Горбачевой, к.м.н., Бархатов И.М. Директор НИИ ДОГиТ им. Р.М. Горбачевой, д.м.н., проф. Афанасьев Б.В. | белка, оценка биологических свойств фактора in vivo и in vitro. Помимо раскрытие одного из путей регуляции фибротических процессов, фиброз-ингибирующий фактор может быть использован в качестве ингибитора пролиферации фибробластов, как компонент питательной среды для экспансии клеток человека, в рамках фундаментальных и прикладных исследований.   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.2.15 | Адипоцитокины (адипонектин, оментин1) и полиморфизм их генов у больных метаболическим сердечно-сосудистым синдромом | СПбГМУ им. И.П. Павлова, ФГБУ СЗФМИЦ им. Алмазова акад., проф. Е.В. Шляхто   | В результате реализации данного проекта удастся определить молекулярно-генетические предикторы развития метаболического синдрома, сахарного диабета 2 типа и сердечно-сосудистых заболеваний у больных абдоминальным ожирением молодого и среднего возраста. Расширить представление о молекулярно-генетических механизмах влияния абдоминальной жировой ткани на развитие метаболических расстройств и сердечно-сосудистых заболеваний, а также выявить новые молекулярные мишени для воздействия при лечении артериальной гипертензии, дислипидемии и атеросклероза | 2020 | 2021 | 1760  | 1760  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.2.16 | Применение комплексного междисциплинарного подхода для идентификации и изучения молекулярных нарушений, ведущих к   | ИЭФБ РАН д.б.н. М.Л. Фирсов, д.б.н. А.О. Шпаков  | Разработка инновационных подходов для лечения, мониторинга и профилактики заболеваний сердечно-сосудистой системы, сахарного диабета, болезней  | 2020 | 2030 | 37044 | 38896 | 40841 | 42883 | 45027 | 47278 | 49642 | 52124 | 54730 | 57467 | 60340 |

|        |   |  |   |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|---|--|---|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|        | развитию патологии нервной, эндокринной и сердечно-сосудистой систем, с целью разработки инновационных подходов для их ранней диагностики, лечения и профилактики   |  | Альцгеймера и Паркинсона, хронического алкоголизма и других социально значимых заболеваний на основе восстановления функций гормональных систем мозга и их регуляторных влияний на периферические органы и ткани, организация постоянно действующих в Санкт-Петербурге семинаров и подготовка серии монографий и практических руководств по проблеме проекта и результатам его реализации для специалистов в области фармакологии и медицины.   |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7.2.17 | Изучение состава, свойства и функции легочного сурфактанта млекопитающих и человека, разработка нанотехнологии получения нативного препарата сурфактанта и разработка методов лечения заболеваний легких, обусловленных его вторичным дефицитом | ФГБУ «РНЦРХТ» МЗ РФ<br>проф., д.м.н.<br>О.А. Розенберг | Будут получены сведения о составе и количественном содержании фосфолипидов и нейтральных липидов легочного сурфактанта крысы, собаки и крупного рогатого скота; будут получены данные о составе и содержании сурфактант-ассоциированных белков крысы, собаки, свиньи и крупного рогатого скота; планируется получить сравнительные данные о способности легочного сурфактанта крысы, собаки и крупного рогатого скота снижать поверхностное натяжение на границе раздела фаз воздух-вода; планируется получить морфологические и иммунологические доказательства уменьшения воспаления бронхов под влиянием сурфактанта крысы, собаки и крупного рогатого скота; планируется получить данные об | 2020 | 2020 | 8842 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|       |  |  |  |      |      |       |       |       |       |         |         |       |       |       |       |       |
|-------|--|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |  |  | оптимальных условиях забоя животного и условиях транспортировки и хранения сырья для обеспечения максимального выхода полупродукта для получения готовой лекарственной формы; ТУ для получения полупродукта (субстанции) природного легочного сурфактанта из легкого крупного рогатого скота.                                  |      |      |       |       |       |       |         |         |       |       |       |       |       |
| 7.3   | Фундаментальные научные исследования. Клеточные технологии, биоинженерия   |  |  |      |      |       |       |       |       |         |         |       |       |       |       |       |
| 7.3.1 | Разработка и клиническая апробация мультипараметрической панели иммунодиагностики сепсиса при обширных ожогах и комбинированных механо-ожоговых поражениях | ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова чл.-корр. РАН А.Н. Бельских | Будут разработаны оригинальные технологии ранней иммунодиагностики сепсиса при обширных ожогах и комбинированных механо-ожоговых поражениях  | 2020 | 2030 | 4000  | 2000  | 4000  | 4000  | 4000    | 4000    | 4000  | 4000  | 4000  | 4000  | 4000  |
| 7.3.2 | Разработка технологий получения и создание клеточного продукта для регенеративной и иммунной терапии ран   | ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова чл.-корр. РАН А.Н. Бельских | Разработка технологии получения и создание готового к применению в медицине клеточного продукта для лечения ран.   | 2020 | 2030 | 21384 | 22986 | 16650 | 46000 | 31065,6 | 32065,6 | 64432 | 40432 | 30432 | 30432 | 30432 |
| 7.3.3 | Создание тканеинженерных конструкций кости и хряща с помощью 3D биопринтирования   | ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова чл.-корр. РАН А.Н. Бельских | Выявление и подтверждение клинического эффекта созданных 3D конструкторов хряща и кости, составление нормативно-технической документация (технические условия) на созданные клеточные продукты, проведение их токсикологических и клинических испытаний. Внедрение для лечения острых травматических повреждений и хронических | 2020 | 2030 | 35767 | 35767 | 35767 | 35767 | 35767   | 35767   | 35767 | 35767 | 35767 | 35767 | 35767 |



|       |   |  |   |      |      |       |       |       |       |         |         |       |       |       |       |       |
|-------|---|--|---|------|------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |   |  | дегенеративных заболеваний.   |      |      |       |       |       |       |         |         |       |       |       |       |       |
| 7.3.4 | Создание искусственных аналогов кожи с использованием трёхмерной биопечати                          | ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова чл.-корр. РАН А.Н. Бельских       | Создание полноценных аналогов кожи на основе технологии 3D-биопечати, составление нормативно-техническая документация (технические условия) на созданный клеточный продукт. Использование для трансплантации больным с травматическими повреждениями кожи.  | 2020 | 2030 | 36025 | 36025 | 36025 | 36025 | 36025   | 36025   | 36025 | 36025 | 36025 | 36025 | 36025 |
| 7.3.5 | Разработка технологий иммунодиагностики и персонализированной клеточной иммунотерапии эндометриоза. | ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова чл.-корр. РАН А.Н. Бельских       | Будут разработаны оригинальные технологии ранней иммунодиагностики эндометриоза и клеточный продукт для цитокиновой ex vivo генной терапии эндометриоза   | 2020 | 2030 | 15000 | 8000  | 8000  | 20000 | 28633,6 | 28633,6 | 34000 | 34000 | 34000 | 34000 | 34000 |
| 7.3.6 | Создание биомедицинского клеточного продукта с использованием клеток кожи для лечения кожных ран.   | ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России, к.б.н. Калмыкова Н.В. | На медицинский рынок будет выведен доступный биомедицинский клеточный продукт длительного срока хранения и широкого использования для заживление ран со сниженным регенеративным потенциалом. На медицинский рынок будет выведен доступный биомедицинский клеточный продукт длительного срока хранения и широкого использования для заживление ран со сниженным регенеративным потенциалом. | 2020 | 2022 | 2200  | 2200  | 1000  |       |         |         |       |       |       |       |       |
| 7.3.7 | Разработка бесклеточного коллаген-эластинового аллогенного дермального матрикса.                    | ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России отделение Панов А.В.   | На медицинский рынок будет выведен имплант – бесклеточный эквивалент дермального слоя кожи длительного срока хранения и широкого использования для реконструктивно-   | 2020 | 2024 | 2000  | 2200  | 2000  | 2000  | 2500    |         |       |       |       |       |       |

|       |  |  |  |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------|--|--|--|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       |  |  | пластической хирургии<br>дефектов мягких тканей  |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 7.4   | Психические заболевания<br>и антипсихотическая<br>терапия  |  |  |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 7.4.2 | Изучение заболеваемости<br>психическими и<br>поведенческими<br>расстройствами,<br>организации<br>психиатрической помощи<br>в Санкт-Петербурге и<br>разработка новых<br>подходов и алгоритмов<br>психолого-<br>психиатрической помощи<br>в психиатрических и<br>общесоматических<br>учреждениях | ФГБУ «СПб<br>НИПНИ<br>им. В.М. Бехте<br>рева»<br>Минздрава<br>России д.м.н.<br>Семенова Н.В. | Изучение показателей,<br>характеризующих общую и<br>первичную заболеваемость<br>населения психическими<br>расстройствами, уровень<br>госпитализированной<br>заболеваемости и<br>инвалидности в динамике<br>имеет важное прикладное<br>значение для принятия<br>организационных и<br>управленческих решений,<br>правильной и эффективной<br>организации<br>психиатрической службы.<br>Разработка новых подходов<br>и алгоритмов психолого-<br>психиатрической помощи в<br>психиатрических и<br>общесоматических<br>учреждениях,<br>совершенствование<br>деятельности региональных<br>психиатрических служб с<br>использованием<br>современных принципов и<br>технологий оказания<br>психиатрической помощи<br>служит основой для<br>практической апробации и<br>внедрения новых<br>организационных форм и<br>технологий оказания<br>помощи с учетом<br>региональных<br>географических,<br>демографических,<br>эпидемиологических,<br>ресурсных и кадровых<br>особенностей.<br>Разработка проекта<br>информированного<br>согласия пациента для | 2020 | 2030 | 3365,2 | 3041,2 | 3041,2 | 3065,2 | 3041,2 | 3341,2 | 3065,2 | 3041,2 | 3041,2 | 3065,2 | 3339,7 |

|       |  |  |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |  |  | использования новых информационно-коммуникационных технологий при оказании психиатрической помощи<br>Разработка концепции минимизации рисков нарушений прав пациентов при использовании новых информационно-коммуникационных технологий при оказании психиатрической помощи.   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7.4.3 | Персонализированная оценка эффективности антипсихотической терапии на основе гаплотипического анализа генов фармакокинетических и фармакодинамических факторов | ФГБУ «СПб НИПНИ им. В.М. Бехтерева» Минздрава России<br>Отделение персонализированной психиатрии, д.м.н. Насырова Р.Ф.,<br>Отделение биологической терапии психически больных, д.м.н., профессор Иванов М.В. | Предлагаемое исследование позволит принципиально изменить подход к подбору антипсихотического препарата, решению о его замене или отмене. Полученный в результате исследования алгоритм назначения антипсихотиков может быть реализован на рынке оказания психиатрической помощи в регионах Российской Федерации, население которых соответствует европеоидной расе. Разработанная автоматизированная компьютерная программа поддержки принятия решения подбора психофармакотерапии на основе фармакогенетических предикторов является инновационной для нашей страны: фармакогенетическое тестирование для подбора психофармакотерапии в клинической практике не используется, не разработано алгоритмов поддержки принятия решения для врачей- | 2020 | 2030 | 35550 | 15700 | 15700 | 15700 | 15700 | 15700 | 15700 | 15700 | 15700 | 15700 | 15700 |

|       |   |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 7.4.4 | Исследование анатомических и функциональных коннектотипов мозга человека в норме и при ряде психических заболеваний | ФГБУ «СПб НИПНИ им. В.М. Бехтерева» Минздрава России Отделение клинической и лабораторной диагностики, нейрофизиологии и нейровизуальных исследований д.м.н., проф. Ананьева Н.И. | психиатров.<br>Предлагаемое нами комплексное решение будет востребовано как лабораториями – закупка разработанных чипов для генотипирования, так и медицинскими организациями, оказывающими специализированную психиатрическую помощь – корпоративная лицензия для доступа к использованию компьютерного алгоритма. Компьютерная программа позволит внедрить интерпретацию фармакогенетического тестирования без дополнительной нагрузки на врачей-клинических фармакологов, что экономит бюджетные расходы. функциональными особенностями субстрата головного мозга и когнитивно-поведенческими характеристиками личностей испытуемых. Полученные новые данные будут обобщены в монографии по использованию современных методов визуализации при изучении клинической анатомии и физиологии головного мозга человека. | 2020 | 2030 | 2000  | 2000  | 2000  | 4000  | 4000  | 4000  | 4000  | 4000  | 4000  | 4000  | 4000  |
| 8     | Экология и природные ресурсы  |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 8.1   | Биоресурсы. Изучение и мониторинг биоразнообразия Северо-Запада России  |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 8.1.1 | Инвентаризация и  | ЗИН РАН   | Получение аналитического   | 2020 | 2030 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 |

|       |   |  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |
|-------|---|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|       | мониторинг ресурсно-значимых, редких и эпидемиологически опасных животных Санкт-Петербурга и Ленинградской области  | ак.<br>О.Н. Пугачев                                      | рабочего инструмента для фиксации, сохранения, динамического дополнения и отображения информации по всей фауне Ленинградской области; с особым упором на ресурсно-значимые, редкие/краснокнижные и эпидемиологически опасные виды.  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |
| 8.1.4 | Техногенные фильтры и градиенты как фактор формирования современной биосферы: техноэкосистемы, источники биопомех, биологические инвазии, процесс колонизации | ЗИН РАН,<br>СПбНЦ РАН<br>вед.н.с., д.б.н.<br>М.И. Орлова | нография, содержащая оригинальные данные и обобщение современных исследований о протекании микроэволюционных процессов под влиянием техногенной активности человека; об изучении техногенных фильтров и градиентов как факторов формирования современной биосферы.  | 2020 | 2030 | 3800 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000  | 4000  | 4000  | 4000  |
| 8.1.5 | Палинологические исследования сосудистых растений Северо-Запада России  | БИН РАН<br>к.б.н.<br>В.В.<br>Григорьева,                 | Многотомное издание «Атлас пыльцы и спор сосудистых растений Северо-Запада России», необходимый для решения как вопросов систематики и филогении растений, так и ряда практических задач в геологии, археологии, криминалистике, при исследовании продуктов пчеловодства и оценке качества воздушной среды. | 2020 | 2030 | 2500 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  |
| 8.1.6 | Разработка теоретических основ инвентаризации и мониторинга биотопов Северо-запада России   | СПбГУ,<br>зав.каф.<br>д.б.н.<br>О.И.Сумина               | Классификация биотопов Северо-Запада России, классификация комплексов биотопов, списки биотопов ключевых территорий. Методическое руководство по выделению и определению природоохранной ценности биотопов. Информационно-аналитическая система по биотопам Северо-Запада                                   | 2020 | 2030 | 6500 | 7000 | 7500 | 8500 | 9000 | 9000 | 9500 | 10000 | 10500 | 11000 | 11000 |

|       |   |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |   |   | России в форматах ArcGIS с подключенной базой данных. Атлас-определитель биотопов. Атласы редких биотопов 2х–3х субъектов Российской Федерации.   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8.2   | Влияние природопользования на экосистемы региона  |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8.2.4 | Разработка методологии экологической реабилитации объектов ПЭУ (накопленный прошлый экологический ущерб) федерального, регионального и муниципального значения  | НИЦЭБ РАН<br>д.э.н.<br>В.К. Донченко  | Разработка методологии экологической реабилитации объектов накопленного прошлого экологического ущерба федерального, регионального и муниципального значения  | 2020 | 2030 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| 8.2.5 | Разработка научных основ пространственного планирования морепользования в условиях береговых и подводных ландшафтов восточной части Финского залива   | ЗИН РАН<br>в.н.с. д.б.н.<br>М.И. Орлова;<br>НИЦЭБ РАН<br>к.х.н. Л.А. Жаковская;<br>ВСЕГЕИ<br>к.г.-м.н.<br>Д.В. Рябчук | Создание базы данных о современном состоянии подводных ландшафтов как основы для пространственных планов и разработка рекомендаций по морскому пространственному планированию.  | 2020 | 2030 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1500 | 1500 |
| 8.2.6 | Реконструкция истории развития крупных водных бассейнов Европейского севера России (Белое море, Онежское озеро, Ладожское озеро, Балтийское море в поздне- и послеледниковое время (на протяжении последних 15000 лет). | РГПУ им. Герцена,<br>д.г.н. Д.А. Субетто  | Будет составлена полная сводка палеолимнологически изученных разрезов озерных отложений региона, получены данные о возрастах смены осадконакопления в озерах и таким образом воссоздана смена природных обстановок в различных районах региона исследований. Микробиологические, геохимические и другие виды лабораторных анализов донных отложений озер дадут подробные данные для палеогеографических | 2020 | 2030 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |

|       |   |                                  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|---|----------------------------------|--|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|       |   |                                  | реконструкций природной среды. Будут построены палеогеографические карты очертаний палеобассейнов для отдельных участков Белого моря, Онежского озера, Ладожского озера, и восточной части Финского залива для отдельных временных срезов. Будут подготовлены к печати публикации в высоко рейтинговых отечественных и зарубежных изданиях.  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8.2.7 | Общие принципы формирования превентивной программы и требования к средствам- претендентам предупреждения развития биозагрязнения и биопомех.  | ЗИН РАН<br>д.б.н.<br>М.И. Орлова | Планирование современной превентивной программы по контролю биозагрязнения и связанных с ним биопомех на технических объектах, включая АЭС. Конкретные мероприятия стратегии планируют в соответствии с знаниями о формировании обрастания как взаимодействия физических и биологических процессов, составом и динамикой развития биообрастания в наиболее уязвимых частях системы в каждом конкретном случае. Методологической основой превентивной программы является мониторинг источников биопомех и биозагрязнения. | 2020 | 2030 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8.2.8 | Разработка научных основ анализа и экспертизы результатов наблюдений за развитием биологического загрязнения в техноэкосистемах и предложений рынка средств и подходов к защите природных и техногенных объектов от | ЗИН РАН<br>д.б.н.<br>М.И. Орлова | Научно практическая разработка, представляющая собой концептуально-аналитическое описание закономерностей развития биологического загрязнения различного типа на примерах биообрастания и биоповреждений и подходов к их контролю,   | 2020 | 2030 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|       |   |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|---|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | биозагрязнения.   |   | сопровождавшееся практическими методическими указаниями по проведению анализа и экспертизы доступной информации о защитном потенциале и практическом применении средств защиты от биозагрязнения, служащая инструментом для адекватного выбора и первичного тестирования таких средств и подходов в условиях конкретного объекта, а также при составлении отраслевых реестров средств защиты от биологических опасностей       |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 8.3   | Экологическая генетика  |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 8.3.1 | Экологическая генетика инвазивных видов - вселенцев                 | СПбГУ<br>акад.<br>С.Г. Инге-Вечтомов;<br>ЗИН РАН<br>к.б.н. Н.И. Абрамсон, | Выяснение географического происхождения инвазивных популяций, пути их проникновения и характер распространения, темпы роста. Итог: продвижение во всех остальных направлениях изучения биологических инвазий и решение следующих задач по выявлению генетических механизмов успешной адаптации вида к новым условиям, определению механизмов естественного отбора и других актуальных вопросов экологической генетики инвазий. | 2020 | 2030 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 |
| 8.3.2 | Генетические основы экологически благоприятного сельского хозяйства | ФГБНУ<br>ВНИИСХМ,<br>акад. И.А. Тихонович                                 | Выявление молекулярных основ эффективного взаимодействия растений с симбиотическими микроорганизмами. Генетическое картирование локусов количественных признаков, определяющих симбиотическую эффективность гороха и устойчивость к стрессовым   | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |



|       |  |  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|--|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |  |  | факторам. Выявление структуры микробиома различных тканей и органов растений на примере бобовых, а также ассоциированных ризосферных микроорганизмов.   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 9     | Гуманитарные и общественные науки  |  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 9.1   | История  |  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 9.1.1 | Трехвековая история становления и развития науки в Санкт-Петербурге: когнитивные, социально-культурные, институциональные и биографические аспекты (1724–2024) | СПбФ ИИЕТ РАН<br>д.филос.н.,<br>проф.<br>Колчинский Э.И. | Будет определена роль и место петербургской науки в развитии российской государственности. Будут разработаны критерии оценки вклада петербургской науки в становление и развитие культуры, образования, сельского хозяйства, здравоохранения, в создание научно-промышленного потенциала России, в повышение ее обороноспособности, в изучение природных ресурсов.<br>Будет проведен сравнительный анализ реформирования науки в Санкт-Петербурге на разных этапах ее истории, с учетом опыта других стран (Германия, США, Китай, Япония, Индия и др.). | 2020 | 2030 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| 9.1.2 | Научное наследие петербургских историков XIX–XX веков  | СПбИИ РАН<br>вед.н.с., д.и.н.<br>Каганович Б.С.          | Будет осуществлен архивный поиск, отбор, историографическое и текстологическое изучение, подготовка к печати и комментированное, снабженное современным научным аппаратом издание неопубликованных и забытых трудов, мемуарного и   | 2020 | 2030 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 |

|       |  |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |  |   | эпистолярного наследия выдающихся историков, работавших в Петербурге в XIX-XX веках  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 9.1.3 | Выявление, изучение и публикация памятников русской письменности в собраниях российских и зарубежных музеев, архивов и библиотек | СПБНИИ РАН<br>вед.н.с., д.и.н.<br>З.В. Дмитриева;<br>СПбГУ<br>зав. каф.<br>музеологии<br>А.В. Майоров | Проект предполагает подготовку к изданию номеров научного журнала <i>Rossica Antiqua</i> , входящего в базы данных РИНЦ, GoogleScholar, EBSCO, в котором будут отражены главные результаты исследований.                                       | 2020 | 2030 | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  |
| 9.2   | Востоковедение   |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 9.2.2 | Сохранение редких языков, имеющих письменность   | ИВР РАН,<br>директор д.и.н.<br>Попова И.Ф.  | Публикации в журналах, включенных в международные информационные базы WOS и Scopus, издание индивидуальных и коллективных монографий, словарей и сборников научных статей.   | 2020 | 2030 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 |
| 9.3   | Литературоведение  |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 9.3.1 | Текстологическая школа академика Д. С. Лихачева (Текстология и источниковедение литературы Древней Руси)                         | ИРЛИ РАН<br>Н.В. Поньрко,<br>О.В. Панченко,<br>С.А. Семячко   | Подготовка выпусков серии к сдаче в издательство. Выход в свет памятников книжности Кирилло-Белозерского, Соловецкого и др. монастырей. Подготовка и проведение археографических экспедиций районов Русского Севера.                           | 2020 | 2030 | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  |
| 9.3.2 | Петербургская школа П. Н. Беркова  | ИРЛИ РАН<br>А.А. Костин,<br>А.Ю. Веселова,<br>Н.Д. Кочеткова,<br>Н.Ю. Алексева,<br>А.О. Демин         | Научная и издательская подготовка серийных изданий: «XVIII век» (один раз в два года), «Чтения Отдела русской литературы XVIII века» (ежегодно). Выход томов Полного собрания сочинений А. П. Сумарокова. Периодичность – один том в два года. | 2020 | 2030 | 1100  | 1100  | 1100  | 1100  | 1100  | 1100  | 1100  | 1100  | 1100  | 1100  | 1100  |
| 9.3.5 | Петербургская школа сравнительного литературоведения   | ИРЛИ РАН<br>чл.-корр. РАН<br>В.Е. Багно,  | Выход из печати томов из серии «Россия-Запад-Восток: Литературные и  | 2020 | 2030 | 500   | 500   | 500   | 500   | 500   | 500   | 500   | 500   | 500   | 500   | 500   |

|       |  |   |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|--|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |  | М.Ю. Коренева                                     | культурные связи». Периодичность – каждый год. выявление корпуса русской переводной художественной литературы первой четверти XIX века и его систематизации.   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 9.4   | Филология  |   |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 9.4.6 | Текст, язык, культура, общества: взаимодействие параметров (междисциплинарное исследование современной Африки) | СПбГУ, д.и.н. Н.Н. Дьяков, д.филол.н. А.Ю. Желтов | В результате комплексного анализа африканских культур, обществ, языков Северной и Тропической Африки, выполненного на основе полевого исследования материала в контексте современных тенденций культурной и социальной динамики, будет подготовлена серия публикаций (включая статьи и монографии по различным аспектам африканских реалий), в т.ч. первая в мировой науке монография по диалектологии манден.               | 2020 | 2030 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| 9.4.7 | Когнитивная деятельность в ситуациях неопределённости и стресса (обработка языковой и невербальной информации) | СПбГУ д.б.н., д.ф.н. проф. Т.В. Черниговская      | Будут сделаны выводы о психофизиологических закономерностях функционального обеспечения сложной когнитивной деятельности, о специфике обработки неопределенной информации, а также о влиянии стресса или дополнительной когнитивной нагрузки на принятие решений. Полученные результаты позволят внести значимый вклад в развитие психофизиологических моделей организации когнитивных процессов в условиях неопределённости | 2020 | 2030 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |

|        |   |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------|---|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        |   |   | и стресса.   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 9.4.8  | Языки России: современное состояние, культурное взаимодействие и историческое развитие  | ИЛИ РАН, директор чл.-корр. РАН Головки Е.В., акад. Казанский Н.Н.                                | Публикации в журналах, включенных в международные информационные базы WOS и Scopus, издание индивидуальных и коллективных монографий, словарей и сборников научных статей.   | 2020 | 2030 | 17000 | 17000 | 17000 | 17000 | 17000 | 17000 | 17000 | 17000 | 17000 | 17000 | 17000 |
| 10     | Междисциплинарные проблемы транспортных систем  |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.1    | Интеллектуальные системы управления; управление знаниями и системами междисциплинарной природы, человек в контуре управления  | СПбНЦ РАН   | Разработка функциональной модели, структуры и блок-схемы комплексной схемы управления транспортными потоками большого города по экологическим показателям  | 2020 | 2022 | 20000 | 20000 | 30000 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 11     | Перспективные научные исследования, направленные на развитие агропромышленного комплекса  |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 11.1   | Теоретическое обоснование и разработка фундаментальных основ производства и повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции в условиях Северо-Западного региона РФ с минимальными экологическими рисками.        |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 11.1.1 | Разработка научных основ аграрной политики агропромышленного комплекса Северо-Западного региона России, обеспечивающие эффективное развитие его производственного потенциала и сельских территорий с учетом реализации Доктрины | СЗЦПО СЗНИЭСХ Псковский НИИСХ Архангельский НИИСХ СПбГАУ Новгородский государственный университет | Научные основы региональной политики в аграрном секторе экономики Северо-Западного региона РФ, базирующиеся на выявлении рисков и угроз устойчивого развития АПК; методах экономического прогнозирования и стратегического | 2020 | 2021 | 20000 | 21000 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

|        |   |  |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
|--------|---|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|
|        | продовольственной безопасности РФ.  | им. Я. Мудрого   | планирования; научно-обоснованных механизмах совершенствования рыночных отношений, интеграционных и кооперационных процессах; усовершенствованных методах формирования организационно-экономического механизма развития инновационной и инвестиционной деятельности в АПК; методологии и эффективных формах развития сельских территорий, социальных и экономических отношений на селе; методах и эффективных механизмах управления земельными ресурсами в АПК.  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| 11.1.2 | Разработка фундаментальных основ систем земледелия и мелиорации нового поколения, базирующихся на современной нормативной и инструментальной базе, адаптированных к условиям Северо-Западного региона РФ и обеспечивающие эффективное использование его биопотенциала, высокую и устойчивую продуктивность агроландшафтов | СЗРНЦ<br>ВНИИГРЖ<br>ВНИВИП<br>ИАЭП<br>СЗНИИМЛПХ<br>Архангельский НИИСХ<br>Псковский НИИСХ<br>Новгородский НИИСХ<br>Калининградский НИИСХ<br>Мурманская ГСХОС<br>Карельская ГСХОС<br>Нарьян-Марская ГСХОС<br>СПбГАВМ<br>ВГМА им.Н.В. Верещагина | 1. Методология формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий нового поколения для условий Северо-Западного региона РФ на основе точных методов оценки ресурсного потенциала агроландшафтов и нормирования антропогенной нагрузки; совершенствования структуры посевных площадей, приемов обработки почвы, системы применения минеральных, микробиологических и известковых удобрений; ресурсосберегающих агротехнологий возделывания с.-х. культур различной интенсивности для получения заданного количества и качества | 2020 | 2026 | 48000 | 49000 | 50000 | 51000 | 52000 | 53000 | 54000 |  |  |  |  |

|        |  |  |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------|--|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        |  |  | <p>сельскохозяйственной продукции.</p> <p>2. Методы мониторинга почв и оценки их агроэкологического и мелиоративного состояния для ведения сельского хозяйства.</p> <p>3. Новые и усовершенствованные приемы восстановления плодородия мелиорированных агроландшафтов в системе мелиоративного земледелия, направленные на повышение продуктивности мелиорируемых угодий и их экологическую устойчивость в условиях изменения климата.</p>   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 11.1.3 | <p>Разработка научных основ и новых способов повышения эффективности производства продукции растениеводства АПК Северо-Западного региона РФ в условиях глобального изменения климата на основе разработки новых и усовершенствованных методов генной инженерии, биотехнологии, сортов сельскохозяйственных культур с широким адаптационным потенциалом, ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих получение высококачественной конкурентоспособной сельхозпродукции.</p> | <p>СЗЦПО<br/>ВИР<br/>ВИЗР<br/>АФИ<br/>ВНИИСХМ<br/>Ленинградский НИИСХ<br/>«Белогорка»<br/>Псковский НИИСХ<br/>Архангельский НИИСХ<br/>Новгородский НИИСХ<br/>Калининградский НИИСХ<br/>Карельская ГСХОС<br/>СПбГАУ<br/>ВГМА им.Н.В. Верещагина<br/>ВГСХА</p> | <p>1. Научные основы управления селекционным и семеноводческим процессами на Северо-Западе РФ, базирующиеся на целенаправленном использовании генетических ресурсов растений, эффективных биотехнологиях получения новых форм растений, технологиях ДНК маркирования с целью создания высококачественных доноров, сортов и гибридов сельскохозяйственных культур интенсивного типа с комплексной устойчивостью к вредным организмам, неблагоприятным факторам среды и высококачественных оригинальных семян,</p> | 2020 | 2030 | 69000 | 70000 | 71000 | 72000 | 73000 | 74000 | 75000 | 76000 | 77000 | 78000 | 79000 |

|        |  |  |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------|--|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        |  |  | обеспечивающих гарантированное повышение урожайности сельскохозяйственных культур в условиях меняющегося климата.<br>2. Научные основы и принципы формирования ресурсосберегающих точных технологий возделывания экономически значимых сельскохозяйственных культур, конструирования агрофитоценозов и агроэкосистем для условий Северо-Запада и Арктической зоны Крайнего Севера РФ.  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 11.1.4 | Разработка методологии повышения эффективности производства продукции животноводства в АПК Северо-Западного региона РФ на основе создания новых конкурентоспособных селекционных форм сельскохозяйственных животных, обладающих высоким генетическим потенциалом и заданной продуктивностью, адаптивных технологий содержания, кормления и ветеринарной защиты животных. | СЗРНЦ<br>ВНИИГРЖ<br>ВНИВИП<br>ИАЭП<br>СЗНИИМЛПХ,<br>Архангельский<br>НИИСХ<br>Псковский<br>НИИСХ<br>Новгородский<br>НИИСХ<br>Калининградск<br>ий НИИСХ<br>Мурманская<br>ГСХОС<br>Карельская<br>ГСХОС<br>Нарьян-<br>Марская<br>ГСХОС<br>СПбГАВМ<br>ВГМА им.Н.В.<br>Верещагина | 1. Методы эффективного использования генофонда и управления селекционным процессам, обеспечивающие создание для Северо-Запада РФ новых генотипов, пород и кроссов сельскохозяйственных животных, птиц, насекомых.<br>2. Новые ресурсосберегающие, экологически безопасные технологии содержания и кормления животных, обеспечивающие в условиях Северо-Западного региона и Арктической зоны Европейского Севера РФ повышение продуктивности животных, улучшение качества, увеличение объемов производства животноводческой продукции и ее конкурентоспособности.<br>3. Новые эффективные | 2020 | 2030 | 53000 | 54000 | 55000 | 56000 | 57000 | 58000 | 59000 | 60000 | 61000 | 62000 | 63000 |

|        |  |   |  |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|--------|--|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|        |  |   | <p>методы и средства специфической защиты от опасных болезней животных, птиц, насекомых на основе выявления новых иммунобиологических свойств возбудителей и совершенствования технологии изготовления вакцинных и защитных препаратов.</p> <p>4. Оптимальные способы применения ветеринарных препаратов для профилактики и борьбы с болезнями, наносящими существенный ущерб животноводству и промышленному птицеводству в условиях Северо-Запада и Арктической зоны Европейского Севера РФ.</p>                                      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| 11.1.5 | <p>Разработка научных основ и новых эффективных методов и технологий хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья для производства экологически безопасных пищевых продуктов с заданными составом и свойствами, обеспечивающие интенсификацию технологических процессов, экономия энергоресурсов, повышение качества и безопасности продукции.</p> | <p>СЗЦПО ВНИИПД<br/>Институт холода и биотехнологий,<br/>ПСПбГМУ имени академика И.П. Павлова<br/>Северо-Западный Государственный медицинский университет имени И.И.Мечникова<br/>СПбГПМУ<br/>Мурманская ГСХОС<br/>Нарьян-Марская ГСХОС</p> | <p>1. Улучшенные технологии глубокой, энергосберегающей переработки сельскохозяйственного сырья в продукты питания и корма для животноводства, позволяющие интенсифицировать производство, повысить качество и безопасность продукции.</p> <p>2. Методы и способы создания комплексных конкурентоспособных пищевых добавок, ферментных и микробных препаратов комплексного действия для повышения пищевой и биологической ценности продуктов питания и агросырья.</p> <p>3. Научные основы создания технологий производства нового</p> | 2020 | 2030 | 34000 | 35000 | 36000 | 37000 | 38000 | 40000 | 41000 | 42000 | 43000 | 44000 | 45000 |  |



|  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  | <p>поколения пищевых продуктов функциональной направленности для населения региона на основе принципов пищевой комбинаторики и новых биотехнологических приемов.</p> <p>4. Новые виды продуктов для различных групп населения и нормативная документация.</p> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

## Национальный проект «Цифровая экономика»

### Цель 2. Создание устойчивой и безопасной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры высокоскоростной передачи, обработки и хранения больших объемов данных, доступной для всех организаций и домохозяйств

Целевые показатели: 2.3. Наличие опорных центров обработки данных в федеральных округах,

2.4. Доля Российской Федерации в мировом объеме оказания услуг по хранению и обработке информации

| N п/п | Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы | Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация) | Ожидаемый результат реализации мероприятия   | Срок начала реализации | Срок окончания реализации (дата контрольного события) | Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|--|---|--|------------------------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |  |   |  |                        |   | 2020                                    | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| 1     | 2  | 4   | 5  | 6                      | 7   | 8                                       | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   |
| 1     | Приоритетные научные исследования в области физико-математических наук                                 |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.1   | Приоритетные научные исследования в области математических наук  |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.1.7 | Теоретическая информатика.   | ПОМИ РАН, СПБНЦ РАН НИУ ИТМО                            | Разработка методов автоматического доказательства верхних оценок для алгоритмов, работающих методом расщепления, новых алгоритмов и оценок сложности для задачи максимальной выполнимости, задачи о максимальном разрезе, задаче о кратчайшей общей надстройке. Новые верхние оценки на DPPL-алгоритмы для задачи выполнимости, улучшающие предыдущие рекордные значения и новые экспоненциальные нижние оценки на выполнимых формулах, которые на данный момент доказаны для ограниченных | 2020                   | 2030  | 50                                      | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   |

|        |   |   |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|---|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|        |   |   | классов DPLL-алгоритмов.<br>Оценка качества алгоритмов.  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5      | Формирование и развитие информационной инфраструктуры инновационного развития Санкт-Петербурга  |   |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5.1    | Теория информации, научные основы информационно-вычислительных систем и сетей информации общества, квантовые методы обработки информации                                  |   |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5.1.1. | Методология и интеллектуальные технологии проактивного управления структурной динамикой корпоративных информационных систем (КИС) на различных этапах их жизненного цикла | СПИИРАН, НИУ ИТМО, Д.т.н., проф. Соколов Б.В. | 1. Методология проактивного управления структурной динамикой КИС. Способы организации управления, требования, предъявляемые к соответствующему модельно-алгоритмическому обеспечению.<br>2. Полимодельный комплекс, описывающий процессы проактивного управления структурной динамикой КИС.<br>3. Комбинированные методы и алгоритмы, проактивного управления структурной динамикой КИС. Синтез программ управления структурной динамикой КИС в динамически изменяющихся условиях.<br>4. Модельно-алгоритмическое обеспечение расчета и анализа системы показателей меры | 2020 | 2030 | 2000 | 2000 | 5000 | 2000 | 2000 | 5000 | 2000 | 2000 | 5000 | 7000 | 7000 |

|  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  | <p>информации, функционирования адаптивных и самоорганизующиеся информационно-вычислительных систем и сетей (АдС ИВС)</p> <p>5. Программное и информационное обеспечение системного моделирования адаптивных и самоорганизующихся информационно-вычислительных и телекоммуникационных программно-аппаратных комплексов.</p> <p>6. Модели, методы и алгоритмы решения задач анализа и синтеза адаптивных и самоорганизующихся информационно-вычислительных и телекоммуникационных программно-аппаратных комплексов.</p> <p>7. Прототипы программного и информационного обеспечения адаптивных и самоорганизующихся информационно-вычислительных и телекоммуникационных программно-аппаратных комплексов.</p> <p>8. Методическое, модельно-алгоритмическое, программное и информационное обеспечение технико-экономической эффективности процессов управления адаптивных и самоорганизующихся информационно-вычислительных и телекоммуникационных</p> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  | <p>программно-аппаратных комплексов.</p> <p>9. Описания многоструктурных макросостояний объектов (систем) контроля в условиях возможной деградации их структур; средства представления и обработки информации о состоянии объектов (систем) контроля и состояний процессов вычислений. Разработка экспериментального образца программного обеспечения.</p> <p>10. Разработка концептуальных основ построения пространственно-распределенных интеллектуальной систем поддержки принятия решений (ИСППР) для АСУ объектами военно-государственного управления (ОВГУ) на территории СЗФО РФ.</p> <p>11. Комбинированные методы и алгоритмы оперативного синтеза иерархическо-сетевых структур межвидовых интегрированных интеллектуальных СППР в АСУ ОВГУ в сложных условиях обстановки.</p> <p>12. Экспериментальные образцы межвидовых интегрированных интеллектуальных СППР для решения задач многовариантного прогнозирования, проактивного планирования и управления ОВГУ в штатных и заданных</p> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|        |  |  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|--|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|        |  |  | условиях применения.<br>13. Создание задела в области проектирования, эксплуатации и модернизации модельно-алгоритмического, информационного и программного обеспечения интеграции адаптивных и самоорганизующихся информационно-вычислительных и телекоммуникационных программно-аппаратных комплексов в интересах развития интеллектуального пространства СЗФО РФ.  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5.1.2. | Разработка интеллектуального пространства обмена инновационными решениями на базе облачных технологий. | СПИИРАН,<br>д.т.н., проф.<br>Воробьев В.И. | 1. Анализ предметной области, постановка и уточнение задачи, формирование требований к интеллектуальному информационному пространству<br>2. Проектирование базы знаний инновационных решений<br>3. Разработка и реализация когнитивных методов обработки информации<br>4. Разработка интеллектуальной системы поиска информации в базе знаний<br>5. Разработка рекомендующей системы<br>6. Построение интеллектуальной среды разработки инновационных проектов<br>7. Определение компонентов облачной среды, требований к её программному и аппаратному обеспечению, разработка архитектуры<br>8. Проектирование и разработка средств | 2020 | 2030 | 4000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |

|       |  |                                     |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |
|-------|--|-------------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|
|       |  |                                     | <p>автоматизации и управления физическими и виртуальными ресурсами облачной среды</p> <p>9. Проектирование и разработка сервисов интеллектуального информационного пространства облачной среды</p> <p>10. Проектирование и разработка клиентского программного обеспечения</p> <p>11. Составление плана ввода в эксплуатацию, разработка методики тестирования облачной среды</p> <p>12. Составление проектной документации</p> <p>13. Передача системы в опытную эксплуатацию</p> <p>14. Передача системы в промышленную эксплуатацию</p> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |
| 5.1.3 | Создание информационно-поисковой системы для научно-технического сегмента Интернет | СПИИРАН, Д.т.н., проф. Кулешов С.В. | <p>1. Обзор существующих методов полнотекстового и семантического поиска в сети Интернет, исследование методов работы систем интеллектуальной обработки текстовых данных и научного цитирования</p> <p>2. Создание эскизного проекта системы научно-технического поиска</p> <p>3. Разработка алгоритмов сервиса информационного поиска на основе семантического окружения текста, разработку методов оценки качества текстов, отнесения текстов к антологии, выявления вероятного первоисточника на основе инфологического</p>             | 2020 | 2026 | 7000 | 7000 | 5000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |  |  |  |  |

|     |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|     |   |  | <p>подхода</p> <p>4. Разработка подсистемы поиска по тематическим областям информационных ресурсов; прототипа системы аналитической обработки текстовых документов</p> <p>5. Создание прототипа поисковой системы для научно-технического сегмента Интернет</p> <p>6. Проведение нагрузочных испытаний разработанного прототипа системы аналитической обработки текстовых документов, корректировка архитектуры системы</p> <p>7. Комплексное тестирование, подготовка проектной и программной документации на прототип системы</p> <p>8. Исследование возможностей интеграции системы с внешними информационными источниками. Создание модулей интерфейсного взаимодействия с внешними системами научного цитирования.</p> <p>9. Проведение работ по повышению эффективности системы и наращиванию объемов обрабатываемых источников.</p> <p>10. Проведение работ по повышению эффективности системы и наращиванию объемов обрабатываемых источников</p> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5.2 | Высокопроизводительные системы и технологии, интеллектуальный анализ данных |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



|       |   |  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|---|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 5.2.1 | Создание информационно-аналитического ядра интеллектуальной системы высокопроизводительного анализа больших данных. | СПИИРАН, СПбГЭТУ «ЛЭТИ» д.т.н., проф. Шичкина Ю.А. | <p>1. Структура баз данных высокопроизводительных алгоритмов, программ и методов интеллектуального анализа данных (ИАД). Методы тестирования и проверки качества входящих в систему высокопроизводительных программ, алгоритмов ИАД.</p> <p>Модели вычислений с различными параметрами для оценивания программ, алгоритмов в зависимости от их принадлежности тому или иному классу онтологической модели.</p> <p>2. Создание программно-аппаратной платформы на основе облачных технологий для проведения on-line обработки данных с изменяющимися во времени параметрами. Онтологическая модель программ, алгоритмов и методов ИАД.</p> <p>3. Анализ устойчивости облачных вычислительных сред к DDoS-атакам. Создание проактивной системы мониторинга состояния виртуальной и реальной инфраструктуры облачных вычислительных сред, основанной на применении методов интеллектуального анализа данных, корреляции многоуровневых и разнородных исходных данных, анализе сценариев атак, разработке визуализации, ориентированной на пользователя и поддержку процесса исследования</p> | 2020 | 2030 | 5000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
|-------|---|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  | <p>данных.</p> <p>4. Формирование программной базы проекта «Редактор»</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обоснование архитектуры программных компонентов;</li> <li>- математическое описание по модулям;</li> <li>- форматы внутреннего и внешнего обмена данных, номенклатура и структура баз данных.</li> </ul> <p>5. Разработка способов объединения информации о составном объекте и формата хранения файла-сборки интегрального объекта, составляемого из комплектующих частей в проекте «Редактор».</p> <p>6. Методы интеллектуального анализа найденных новых программ, алгоритмов и методов с занесением их в онтологическую модель</p> <p>7. Разработка детальной программной архитектуры информационно-аналитического ядра и связей между отдельными частями ядра.</p> <p>8. Разработка алгоритмов и программных модулей с применением ИАД, теории принятия решений и физико-математических моделей по модификации алгоритма, программы или метода на основе информации, хранимой в системе коллективных репозиториях и среды информационно-аналитического ядра.</p> <p>9. Создание системы управления знаниями, позволяющей на основе</p> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|      |  |   |   |      |      |        |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------|--|---|---|------|------|--------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|      |  |   | <p>онтологической модели, математических моделей производить замену компонентов, без потери качества работы программы, алгоритма или метода.</p> <p>10. Методическое пособие по организации цикла разработки программы, алгоритма или метода с применением системы коллективных репозиторий.</p> <p>11. Результаты верификации информационно-аналитического ядра.</p> <p>12. Техническая документация по программе контрольных демонстрационных испытаний программного комплекса проекта «Редактор».</p> <p>13. Руководство пользователя информационно-аналитического ядра по работе с коллективными репозиториями.</p> <p>14. Техническая документация, описывающая программную архитектуру программных модулей по обработке данных, получаемых по гиперграфу.</p> |      |      |        |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10   | Междисциплинарные проблемы транспортных систем   |   |   |      |      |        |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10.3 | Создание новых технологий, позволяющих сформировать единую информационную систему для транспортной отрасли | ИТМО, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» | Формирование концепции построения единой информационной системы отрасли на единых информационных носителях для различных видов транспорта   | 2020 | 2021 | 110000 | 150000 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## Национальный проект «Экология»

### Федеральный проект 2. "Комплексная система обращения с твёрдыми коммунальными отходами"

#### Подцель: Эффективное обращение с отходами производства и потребления

| N п/п  | Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы                    | Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация) | Ожидаемый результат реализации мероприятия   | Срок начала реализации | Срок окончания реализации (дата контрольного события) | Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|---|---|--|------------------------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|        |   |   |  |                        |   | 2020                                    | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |      |
| 1      | 2   | 4   | 5  | 6                      | 7   | 8                                       | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   |      |
| 1      | Приоритетные научные исследования в области физико-математических наук  |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.4    | Приоритетные научные исследования в области ядерной физики  |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.4.4  | Применение ядерно-физических методов для решения фундаментальных и прикладных задач в смежных областях.                   | СПбГУ, ФТИ РАН, Радиевый ин-т, ПИЯФ, ВНИИМ, СПбНЦ РАН   | Применение методов элементного и изотопного анализа для мониторинга состояния окружающей среды.  | 2020                   | 2030  | 2000                                    | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 1.6    | Приоритетные научные исследования в области оптики и лазерной физики  |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.6.14 | Компактные излучатели терагерцового диапазона. Разработка и исследование новых методов генерации терагерцового излучения. | ФТИ РАН, НИУ ИТМО, ЛЭТИ, СПбНЦ РАН                      | Создание новых систем медицинской диагностики, систем безопасности, экологического мониторинга и контроля качества, а также развитие применений терагерцового излучения во многих других областях науки и техники. | 2020                   | 2030  | 500                                     | 500  | 500  | 500  | 500  | 500  | 500  | 500  | 500  | 500  | 500  | 500  |
| 2      | Перспективные научные исследования в области энергетики   |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2.2    | Разработка физико-химических основ энергетической утилизации  | СПбПУ Петра Великого                                    | Будет разработана научно-обоснованная концепция моделирования энергетических систем  | 2020                   | 2025  | 5000                                    | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 |      |      |      |      |      |      |

|     |  |   |   |      |      |        |        |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
|-----|--|---|---|------|------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|
|     | органо-содержащих и углеродосодержащих отходов   |   | преобразования топлива с получением электрической и тепловой энергии, базирующаяся на теплофизических и термодинамических принципах создания энергетически самодостаточных модулей с оптимальным управлением нагрузкой и контролем общих и переходных параметров, определяющих движение энергетических и материальных потоков. Результаты исследований, проведенных в создаваемом лабораторном комплексе, могут быть использованы для обоснования параметров автономной энергосистемы на базе топливных элементов для энергоснабжения индивидуального дома, использующей в качестве основного источника энергии водород, получаемый из биогазов углеродосодержащих отходов. |      |      |        |        |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| 4   | Перспективные фундаментальные исследования в области химии   |   |   |      |      |        |        |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| 4.1 | Техническое стекло. Технология, свойства, применение. Этап 1. Создание и отработка опытно-промышленной технологии производства новых стекол и стекломатериалов с уникальными или заданными параметрами, перспективными для | ИХС РАН, акад. В.Я. Шевченко; НЦВО РАН, акад. Е.М.Дианов; АО «Научные приборы», В.Н.Соколов | Отработка опытно-промышленной технологии производства легкоплавких халькогенидных стекол. Термохромное техническое стекло. Стекловидные покрытия для электронной техники, оптики, катализа. Пористые и нанокompозитные стекломатериалы для аналитического   | 2020 | 2026 | 170000 | 250000 | 80000 | 80000 | 80000 | 80000 | 10000 |  |  |  |  |

|       |   |   |  |      |      |       |       |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
|-------|---|---|--|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | практического использования.<br>Этап 3. Разработка сцинтиллирующих стекол с повышенной эффективностью детектирования нейтронов, альфа- и бета-частиц и продуктов деления радиоактивных материалов.  |   | приборостроения, плазмоники, лазерной техники, микро-, нано-, оптоэлектроники, интегральной и волоконной оптики  |      |      |       |       |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
| 4.12  | Создание нового поколения бесферментных сенсоров на биологически значимые аналиты (полисахариды, пероксид водорода, органические амины) и кислород, применение полученных результатов для решения задач контроля биологических жидкостей с целью клинической диагностики и мониторинга технических вод атомных и тепловых электростанций. | СПбГУ, проф. С.С. Ермаков; ИАП РАН, проф. Евстрапов А.А.; Научно-исследовательский технологический институт им. акад. А.П. Александрова, д.т.н, в.н.с., Гурский В.С | Разработка научных основ создания нового поколения амперометрических сенсоров на основе наночастиц металлов, сплавов, оксидов металлов, обладающих биосовместимостью, микроразмерами, чувствительностью на уровне наномолей в литре; создание линейки сенсоров для определения кислорода и анализа пищевых продуктов и биологических жидкостей на содержание полисахаридов, что позволит существенно повысить безопасность атомной энергетики и внедрить инновационные методы клинической диагностики. | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| 8     | Экология и природные ресурсы  |   |  |      |      |       |       |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
| 8.2   | Влияние природопользования на экосистемы региона  |   |  |      |      |       |       |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
| 8.2.4 | Разработка методологии экологической реабилитации объектов ПЭУ (накопленный прошлый экологический ущерб) федерального, регионального и муниципального значения  | НИЦЭБ РАН д.э.н. В.К.Донченко   | Разработка методологии экологической реабилитации объектов накопленного прошлого экологического ущерба федерального, регионального и муниципального значения   | 2020 | 2030 | 2000  | 2000  | 2000 | 2000 | 2500 | 2500 | 2500  | 2500  | 2500  | 2500  | 2500  |

## Федеральный проект 4. "Чистый воздух"

Подцель: Снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах

| N п/п  | Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы                    | Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация)   | Ожидаемый результат реализации мероприятия   | Срок начала реализации | Срок окончания реализации (дата контрольного события) | Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. |      |      |      |      |       |       |      |       |       |       |
|--------|---|---|--|------------------------|---|---|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
|        |   |   |  |                        |   | 2020                                    | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025  | 2026  | 2027 | 2028  | 2029  | 2030  |
| 1      | 2   | 4   | 5  | 6                      | 7   | 8                                       | 9    | 10   | 11   | 12   | 13    | 14    | 15   | 16    | 17    | 18    |
| 1      | Приоритетные научные исследования в области физико-математических наук  |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |       |       |      |       |       |       |
| 1.4    | Приоритетные научные исследования в области ядерной физики  |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |       |       |      |       |       |       |
| 1.4.4  | Применение ядерно-физических методов для решения фундаментальных и прикладных задач в смежных областях.                   | СПбГУ, ФТИ РАН, Радиевый институт, ПИЯФ, ВНИИМ, СПбНЦ РАН | Применение методов элементного и изотопного анализа для мониторинга состояния окружающей среды.  | 2020                   | 2030  | 2000                                    | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000  | 2000  | 2000 | 2000  | 2000  | 2000  |
| 1.6    | Приоритетные научные исследования в области оптики и лазерной физики  |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |       |       |      |       |       |       |
| 1.6.14 | Компактные излучатели терагерцового диапазона. Разработка и исследование новых методов генерации терагерцового излучения. | ФТИ РАН, НИУ ИТМО, ЛЭТИ, СПбНЦ РАН                        | Создание новых систем медицинской диагностики, систем безопасности, экологического мониторинга и контроля качества, а также развитие применений терагерцового излучения во многих других областях науки и техники. | 2020                   | 2030  | 500                                     | 500  | 500  | 500  | 500  | 500   | 500   | 500  | 500   | 500   | 500   |
| 2      | Перспективные научные исследования в области энергетики   |   |  |                        |   |   |      |      |      |      |       |       |      |       |       |       |
| 2.1    | Разработка основ  | СПбПУ   | Анализ и обоснование   | 2020                   | 2030  | 5000                                    | 8000 | 8000 | 5000 | 5000 | 10000 | 12000 | 6000 | 10000 | 10000 | 10000 |

|  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| создания турбогенераторных установок расширенного мощностного ряда, использующих концепцию комплексной утилизации энергоресурсов газотранспортной системы России | Петра Великого | <p>количества необходимой электрической энергии на собственные нужды для основных составляющих газотранспортной системы России.</p> <p>Определение возможности выработки электрической энергии основными составляющими газотранспортной системы России для собственных нужд и внешних потребителей.</p> <p>Анализ различных автономных источников электрической энергии, оценка их преимуществ и недостатков, выбор и обоснование наиболее перспективных и в полной мере удовлетворяющих сформулированным требованиям.</p> <p>Выбор режимных параметров и геометрических характеристик для создания турбогенераторов газотранспортной системы России.</p> <p>Разработка принципов построения мощностного ряда нового класса турбогенераторов газотранспортной системы России, использующий энергию природного сжатого газа для выработки электрической энергии для собственных нужд и внешних потребителей.</p> <p>Классификация газотурбинных установок ГПС по технико-экономическим показателям, уровню мощности и по базовым технологиям, анализ парка газоперекачивающих станций</p> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|



|      |  |   |  |      |      |        |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|--|---|--|------|------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |  |   | на основе газотурбинного привода в России. Результаты исследований значений располагаемой мощности (теплоты уходящих газов) на выходе из газотурбинных установок разного типа газоперекачивающих станций. Результаты оценки возможностей выработки электрической энергии газотурбинными установками газоперекачивающих станций за счёт использования тепла уходящих газов. |      |      |        |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4    | Перспективные фундаментальные исследования в области химии   |   |  |      |      |        |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4.1  | Техническое стекло. Технология, свойства, применение. Этап 1. Создание и отработка опытно-промышленной технологии производства новых стекол и стекломатериалов с уникальными или заданными параметрами, перспективными для практического использования. Этап 3. Разработка сцинтиллирующих стекол с повышенной эффективностью детектирования нейтронов, альфа- и бета-частиц и продуктов деления радиоактивных материалов. | ИХС РАН, акад. В.Я. Шевченко; НЦВО РАН, акад. Е.М.Дианов; АО «Научные приборы», В.Н.Соколов | Отработка опытно-промышленной технологии производства легкоплавких халькогенидных стекол. Термохромное техническое стекло. Стекловидные покрытия для электронной техники, оптики, катализа. Пористые и нанокompозитные стекломатериалы для аналитического приборостроения, плазмоники, лазерной техники, микро-, нано-, оптоэлектроники, интегральной и волоконной оптики  | 2020 | 2026 | 170000 | 250000 | 80000 | 80000 | 80000 | 80000 | 10000 |       |       |       |       |
| 4.12 | Создание нового поколения  | СПбГУ, проф. С.С.   | Разработка научных основ создания нового поколения   | 2020 | 2030 | 10000  | 10000  | 8000  | 8000  | 8000  | 8000  | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |

|   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| бесферментных сенсоров на биологически значимые аналиты (полисахариды, пероксид водорода, органические амины) и кислород, применение полученных результатов для решения задач контроля биологических жидкостей с целью клинической диагностики и мониторинга технических вод атомных и тепловых электростанций. | Ермаков; ИАП РАН, проф. Евстрапов А.А.; Научно-исследовательский технологический институт им. акад. А.П. Александрова, д.т.н, в.н.с., Гурский В.С | амперометрических сенсоров на основе наночастиц металлов, сплавов, оксидов металлов, обладающих биосовместимостью, микроразмерами, чувствительностью на уровне наномолей в литре; создание линейки сенсоров для определения кислорода и анализа пищевых продуктов и биологических жидкостей на содержание полисахаридов, что позволит существенно повысить безопасность атомной энергетики и внедрить инновационные методы клинической диагностики. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

### Федеральный проект 5. «Чистая вода»

Подцели: Повышение качества питьевой воды для населения, в том числе для жителей населенных пунктов, не оборудованных современными системами централизованного водоснабжения

Экологическое оздоровление водных объектов, включая реку Волгу, и сохранение уникальных водных систем, включая озера Байкал и Телецкое

Увеличение площади восстановленных водных объектов.

Увеличение протяженности очищенной прибрежной полосы водных объектов.

Увеличение площади особо охраняемых природных территорий (млн. га).

| N п/п | Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы | Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация) | Ожидаемый результат реализации мероприятия                         | Срок начала реализации | Срок окончания реализации (дата контрольного события) | Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. |        |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|-------|--|---|--|------------------------|---|---|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
|       |  |   |  |                        |   | 2020                                    | 2021   | 2022  | 2023  | 2024  | 2025  | 2026  | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| 1     | 2  | 4   | 5  | 6                      | 7   | 8                                       | 9      | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15   | 16   | 17   | 18   |
| 4     | Перспективные фундаментальные исследования в области химии   |   |  |                        |   |   |        |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
| 4.1   | Техническое стекло. Технология, свойства, применение. Этап 1.  | ИХС РАН, акад. В.Я. Шевченко;                           | Отработка опытно-промышленной технологии производства легкоплавких | 2020                   | 2026  | 170000                                  | 250000 | 80000 | 80000 | 80000 | 80000 | 10000 |      |      |      |      |

|       |  |   |  |      |      |       |       |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
|-------|--|---|--|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | Создание и отработка опытно-промышленной технологии производства новых стекол и стекломатериалов с уникальными или заданными параметрами, перспективными для практического использования. Этап 3. Разработка сцинтиллирующих стекол с повышенной эффективностью детектирования нейтронов, альфа- и бета-частиц и продуктов деления радиоактивных материалов. | ИЦВО РАН, акад. Е.М.Дианов; АО «Научные приборы», В.Н.Соколов   | халькогенидных стекол. Термохромное техническое стекло. Стекловидные покрытия для электронной техники, оптики, катализа. Пористые и нанокompозитные стекломатериалы для аналитического приборостроения, плазмоники, лазерной техники, микро-, нано-, оптоэлектроники, интегральной и волоконной оптики   |      |      |       |       |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
| 4.12  | Создание нового поколения бесферментных сенсоров на биологически значимые аналиты (полисахариды, пероксид водорода, органические амины) и кислород, применение полученных результатов для решения задач контроля биологических жидкостей с целью клинической диагностики и мониторинга технических вод атомных и тепловых электростанций.                    | СПбГУ, проф. С.С. Ермаков; ИАП РАН, проф. Евстрапов А.А.; Научно-исследовательский технологический институт им. акад. А.П. Александрова, д.т.н, в.н.с., Гурский В.С | Разработка научных основ создания нового поколения амперометрических сенсоров на основе наночастиц металлов, сплавов, оксидов металлов, обладающих биосовместимостью, микроразмерами, чувствительностью на уровне наномолей в литре; создание линейки сенсоров для определения кислорода и анализа пищевых продуктов и биологических жидкостей на содержание полисахаридов, что позволит существенно повысить безопасность атомной энергетики и внедрить инновационные методы клинической диагностики. | 2020 | 2030 | 10000 | 10000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| 6     | Науки о Земле  |   |  |      |      |       |       |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
| 6.2   | Фундаментальные научные исследования региона Ладожского озера  |   |  |      |      |       |       |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
| 6.2.1 | Разработка и применение рациональной системы   | ФГБУН Институт  | Базы данных по современному состоянию и  | 2020 | 2030 | 3000  | 3000  | 2000 | 2000 | 3000 | 3000 | 3000  | 2000  | 1000  | 2000  | 2000  |

|        |  |  |  |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|
|        | комплексных исследований природных процессов Ладожского озера            | озероведения РАН<br>вед. научн. сотр., д.г.н.<br>Анохин В.М. | природным процессам на дне, берегах и в водной среде Ладожского озера<br>Комплекты карт и схем по району Ладожского озера<br>Рациональная система комплексных исследований природных процессов Ладожского озера, включающей структуру базы данных, полевой методический комплекс, аналитический методический комплекс, систему обработки данных.<br>Создание основ мониторинга природных процессов Ладожского озера, как части фоновой оценки для постановки экологического мониторинга экосистемы Ладожского озера.<br>Применение созданной системы комплексных исследований природных процессов Ладожского озера в процессе полевых озерных работ<br>Рекомендации по минимизации воздействия опасных природных процессов дна, берегов и водной среды Ладожского озера.<br>Публикация статей по результатам применения системы комплексных исследований природных процессов Ладожского озера<br>Издание атласа карт и монографии по результатам выполнения темы |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |
| 6.2.2. | Разработка и апробация инновационных методов для исследования циркуляции | ФГБУН<br>Институт озероведения<br>РАН зав. лаб.,             | Новые закономерности циркуляции вод в Ладожском озере, в т.ч. зимой; разработка новой  | 2020 | 2024 | 2000 | 2000 | 3000 | 2000 | 1000 |  |  |  |  |  |  |

|        |   |  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|---|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|        | вод в Ладожском озере   | д.г.н.<br>Науменко М.А.                                  | методики – ледовыми буйковыми станциями. Установка вмораживаемых в лед буйковых станций позволит впервые получить представление о гидротермодинамике вод Ладожского озер в зимний период.   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 6.2.3. | Создание научно-теоретических основ решения проблемы организации водоснабжения и водоотведения в условиях чрезвычайных ситуаций и катастроф   | АО«Водоканал-Инжиниринг»<br>ген. директор Терентьев В. И | Созданная научно обоснованная концепция безопасного водоснабжения и водоотведения будет использоваться для трех режимов ЧС в зоне ответственности: повседневная деятельность, повышенная готовность и режим ЧС. В конечном итоге выполнение работ будет способствовать снижению рисков, связанных с ЧС. | 2020 | 2022 | 6000 | 6000 | 6000 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8      | Экология и природные ресурсы  |  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8.1    | Биоресурсы. Изучение и мониторинг биоразнообразия Северо-Запада России  |  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8.1.3  | Исследование механизмов вселения и влияния чужеродных видов на водные и наземные экосистемы с целью разработки научно обоснованных инновационных подходов к снижению их отрицательного воздействия на экосистемы Северо-запада России | ЗИН РАН<br>чл.-корр. РАН<br>С.М. Голубков,               | Создание Программы действий по предотвращению и преодолению вредных последствий вселения чужеродных видов в экологические системы региона   | 2020 | 2030 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 8.1.4  | Техногенные фильтры и градиенты как фактор формирования современной биосферы: техноэкосистемы, источники биопомех,  | ЗИН РАН,<br>СПбНЦ РАН<br>вед.н.с., д.б.н.<br>М.И. Орлова | Монография, содержащая оригинальные данные и обобщение современных исследований о протекании микроэволюционных процессов под влиянием   | 2020 | 2030 | 3800 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |

|       |   |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | биологические инвазии, процесс колонизации  |   | техногенной активности человека; об изучении техногенных фильтров и градиентов как факторов формирования современной биосферы.  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8.2   | Влияние природопользования на экосистемы региона  |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8.2.1 | Разработка научных основ оценки и нормирования антропогенного воздействия на водоемы Северо-запада России в условиях экологического стресса и колебаний климата   | ЗИН РАН<br>чл.-корр. РАН<br>С.М. Голубков   | Система оценки и нормирования антропогенного воздействия на водоемы Северо-запада России с помощью биологических маркеров.  | 2020 | 2030 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| 8.2.2 | Влияние природопользования на околотовдную и морскую фауну позвоночных животных малонарушенных и трансформированных экосистем прибрежных территорий Северо-Запада России (Финский залив, Ладожское озеро) | ЗИН РАН<br>ак.<br>О.Н. Пугачев  | Разработка системы оценки влияния природопользования на околотовдную и морскую фауну позвоночных животных малонарушенных и трансформированных экосистем прибрежных территорий Северо-Запада России (Финский залив, Ладожское озеро) | 2020 | 2030 | 4800 | 4800 | 4800 | 4800 | 4800 | 4900 | 4900 | 4900 | 4900 | 4900 | 4900 |
| 8.2.3 | Мониторинг влияния деятельности морских портов Финского залива на природные комплексы   | БИН РАН<br>д.б.н.<br>В.Т. Ярмишко   | Оценка влияния деятельности терминалов морских портов на природные комплексы региона.   | 2020 | 2030 | 2500 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| 8.2.5 | Разработка научных основ пространственного планирования морепользования в условиях береговых и подводных ландшафтов восточной части Финского залива   | ЗИН РАН<br>в.н.с. д.б.н.<br>М.И. Орлова<br>НИЦЭБ РАН<br>к.х.н. Л.А.<br>Жаковская;<br>ВСЕГЕИ<br>к.г.-м.н. Д.В.<br>Рябчук | Создание базы данных о современном состоянии подводных ландшафтов как основы для пространственных планов и разработка рекомендаций по морскому пространственному планированию.  | 2020 | 2030 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1500 | 1500 |
| 8.2.8 | Разработка научных основ анализа и экспертизы результатов наблюдений за развитием биологического загрязнения в  | ЗИН РАН<br>д.б.н.<br>М.И. Орлова  | Научно практическая разработка, представляющая собой концептуально-аналитическое описание закономерностей развития  | 2020 | 2030 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

|  |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  | <p>техноэкосистемах и предложений рынка средств и подходов к защите природных и техногенных объектов от биозагрязнения.</p> |  | <p>биологического загрязнения различного типа на примерах биообрастания и биоповреждений и подходов к их контролю, сопровождавшееся практическими методическими указаниями по проведению анализа и экспертизы доступной информации о защитном потенциале и практическом применении средств защиты от биозагрязнения, служащая инструментом для адекватного выбора и первичного тестирования таких средств и подходов в условиях конкретного объекта, а также при составлении отраслевых реестров средств защиты от биологических опасностей</p> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

## Федеральный проект 9. «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма»

Подцели: Увеличение количества особо охраняемых природных территорий (ООПТ) федерального значения (не менее шт.);

Увеличение площади особо охраняемых природных территорий;

Увеличение отношения площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений (%)

| N п/п | Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы   | Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация) | Ожидаемый результат реализации мероприятия  | Срок начала реализации | Срок окончания реализации (дата контрольного события) | Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--|---|---|------------------------|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |  |   |   |                        |   | 2020                                    | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  | 2025  | 2026  | 2027  | 2028  | 2029  | 2030  |
| 1     | 2  | 4   | 5   | 6                      | 7   | 8                                       | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    |
| 8     | Экология и природные ресурсы   |   |   |                        |   |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 8.1   | Биоресурсы. Изучение и мониторинг биоразнообразия Северо-Запада РФ   |   |   |                        |   |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 8.1.1 | Инвентаризация и мониторинг ресурсно-значимых, редких и эпидемиологически опасных животных Санкт-Петербурга и Ленинградской области  | ЗИН РАН<br>ак. РАН<br>О.Н. Пугачев                      | Получение аналитического рабочего инструмента для фиксации, сохранения, динамического дополнения и отображения информации по всей фауне Ленинградской области; с особым упором на ресурсно-значимые, редкие/краснокнижные и эпидемиологически опасные виды. | 2020                   | 2030  | 15000                                   | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 15000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 | 20000 |
| 8.1.2 | Инвентаризация флоры и микобиоты Северо-Запада России  | БИН РАН<br>к.б.н. Г.Ю.<br>Конечная                      | Публикация коллективной многотомной монографии-справочника «Флора и микобиота Северо-Запада России».  | 2020                   | 2030  | 2500                                    | 2500  | 2500  | 2500  | 2500  | 2700  | 2700  | 2700  | 2700  | 2700  | 2700  |
| 8.2.2 | Влияние природопользования на околосредовую и морскую фауну позвоночных животных малонарушенных и трансформированных экосистем прибрежных территорий Северо-Запада РФ (Финский залив, Ладожское озеро) | ЗИН РАН<br>ак.<br>О.Н. Пугачев                          | Разработка системы оценки влияния природопользования на околосредовую и морскую фауну позвоночных животных малонарушенных и трансформированных экосистем прибрежных территорий Северо-Запада России (Финский залив, Ладожское озеро)                        | 2020                   | 2030  | 4800                                    | 4800  | 4800  | 4800  | 4800  | 4900  | 4900  | 4900  | 4900  | 4900  | 4900  |



## Федеральный проект 10. «Сохранение лесов»

Подцели: Увеличение отношения площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений;

### Уменьшение ущерба от лесных пожаров

| N п/п | Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы | Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация) | Ожидаемый результат реализации мероприятия  | Срок начала реализации | Срок окончания реализации (дата контрольного события) | Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |
|-------|--|---|---|------------------------|---|---|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|       |  |   |   |                        |   | 2020                                    | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027  | 2028  | 2029  | 2030  |
| 1     | 2  | 4   | 5   | 6                      | 7   | 8                                       | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15    | 16    | 17    | 18    |
| 8     | Экология и природные ресурсы   |   |   |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |
| 8.1   | Биоресурсы. Изучение и мониторинг биоразнообразия Северо-Запада России                                 |   |   |                        |   |   |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |
| 8.1.5 | Палинологические исследования сосудистых растений Северо-Запада России                                 | БИН РАН<br>к.б.н.<br>В.В.<br>Григорьева,                | Многотомное издание «Атлас пыльцы и спор сосудистых растений Северо-Запада России», необходимый для решения как вопросов систематики и филогении растений, так и ряда практических задач в геологии, археологии, криминалистике, при исследовании продуктов пчеловодства и оценке качества воздушной среды. | 2020                   | 2030  | 2500                                    | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  |
| 8.1.6 | Разработка теоретических основ инвентаризации и мониторинга биотопов Северо-запада России              | СПбГУ,<br>зав.каф.<br>д.б.н.<br>О.И.Сумина              | Классификация биотопов Северо-Запада России, классификация комплексов биотопов, списки биотопов ключевых территорий. Методическое руководство по выделению и определению природоохранной ценности биотопов. Информационно-аналитическая система по  | 2020                   | 2030  | 6500                                    | 7000 | 7500 | 8500 | 9000 | 9000 | 9500 | 10000 | 10500 | 11000 | 11000 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  | биотопам Северо-Запада России в форматах ArcGIS с подключенной базой данных. Атлас-определитель биотопов. Атласы редких биотопов 2х-3х субъектов Российской Федерации. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Список публикаций по теме в 2019 году

1. Dvas G., Lyukevich I., Kulagina N. Optimization of administration decentralization as a key mechanism for implimentation of regional politics // Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018-Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth 2018. P. 3933-3949.
2. Orlova M., Ryabchuk D., Ezhova E., Evdokimenko A., Neevin I., Kobik L., Sukhacheva L., Bubnova E., Budanov L., Kocheshkova O., Krek A., Molchanova N., Sergeev A., Zhamoida V. Case studies of geo- and biodiversity of underwater landscapes in the eastern Gulf of Finland (Baltic Sea): is anything interesting across three brackishwater lightless areas? Book of Abstracts, GeoHab 2019 Marine Geological and Biological Mapping, Saint-Petersburg, Russia, May 13-17, 2019, VSEGEI Press, St-Petersburg. P. 148-149.
3. Pimenova T.F., Sibarov I.D., Pimenov B.V. New Chemical Laboratories, developed on the Basis of the Program of Mega-Grants in St. Petersburg//Abstracts of the 21 Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry. St Petersburg, Russia, 9-13 September, 2019. V. 4. Section 8. P. 408.
4. Rakhimova O.V., Tsyganova T.A., Shevchenko D.S. Bioactive membrane based on porous glass for water treatment. 4th Russian Conference on Medicinal Chemistry with international participants. MedChem Russia 2019. Abstract book – Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2019. P. 402.
5. Trubitsina N., Zemlyanko O., Moskalenko S. and Zhouravleva G. From past to future: suppressor mutations in yeast genes encoding translation termination factors. Biological communications. 2019. 64(2): 89-109.
6. Tsyganova A.V., Brewin N., Tsyganov V.E. Analysis of epitope distribution of arabinogalactanprotein-extensins in pea (*Pisum sativum*) nodules of wild-type and mutants impaired in infection thread growth. Ecological Genetics. 2019. V. 17(3). P.5-11.
7. Tsyganova T., Mjakin S., Kostyreva T. The content of the adsorption centers of high-silica porous glasses. Book of Abstracts. The 1st European Conference on Silicon and Silica Based Materials. (7-11 October, Miskolc-Lillafüred, Hungary) P. 55.
8. Баринова Л.Д., Белый О.В., Забалканская Л.Э. Оценка экологически устойчивого развития городского общественного транспорта // Транспорт РФ. 2019, № 2(81). С. 31-35.

9. Баринаова Л.Д., Забалканская Л.Э. Развитие транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга с использованием подземного пространства // Тенденции развития науки и образования. 2019, № 46, часть 6. С. 48-52.
10. Баринаова Л.Д., Забалканская Л.Э., Белый О.В. Сравнительный анализ рейтингов устойчивой мобильности в международных оценочных системах // Транспорт: наука, техника, управление. М.: ВИНТИ, 2019. С. 13-21.
11. Венцюлис Л.С., Быстрова Н.Ю. Экологическая эффективность систем обращения с твердыми коммунальными отходами в Швеции // Региональная экология. 2019, № 2. С. 39-43.
12. Венцюлис Л.С., Воронов Н.В., Быстрова Н.Ю. Экологическая эффективность системы обращения с твердыми коммунальными отходами в республике Эстония. Сборник материалов XX Юбилейного международного экологического форума «День Балтийского моря». СПб, 21-22 марта 2019 г. С. 68-72.
13. Веревкин М.В., Юсси М., Николлс К. Состояние популяции и характер использования акватории финского залива балтийской кольчатой нерпой. XX Международный экологический форум "День Балтийского моря". СПб, 2019. С. 158-165.
14. Гайдей Т.П., Дидык В.А., Пименова Т.Ф., Здухова Т.В. Катализаторы разложения однокомпонентных топлив и изделия на их основе, применяемые в технике // Физико-химические аспекты предельных состояний и структурных превращений в сплошных средах, материалах и технических системах. Выпуск 3 / Под общей ред. чл.-корр. РАН Ю.В. Петрова. СПб.: Из-во «Политехника», 2019. С. 46-52.
15. Джапаридзе Л.А. Генетика долголетия // Тезисы доклада на Научно-практической конференции с международным участием «Генетика – фундаментальная основа инноваций в медицине и селекции», г. Ростов-на-Дону, 26-29 сентября 2019 г. С. 34-35.
16. Джапаридзе Л.А. Старение, геропротекторы, геновая терапия // Региональная экология. 2019, № 2. С. 109-123.
17. Джапаридзе Л.А., Суворова О.А. Микробиом человека // Тезисы доклада на Международном конгрессе "VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров». 18-21 июня 2019, Санкт-Петербург. С. 799.
18. Землянко О.М., Трубицина Н.П., Бондарев С.А., Журавлева Г.А. Роль N-терминальных коротких белков Sup35 в агрегации и поддержании [PSI+] фактора. Тезисы доклада II Объединенного научного форума, IX Российского

- симпозиума «Белки и пептиды», Сочи, 1-6 октября 2019 г. Научные труды. Т. 2. М.: Изд. «Перо», 2019. С. 299. Спецвыпуск ActaNaturae.
19. Иванова Е.А. Отраслевая структура научных исследований в ведущих странах мира // Материалы XL Международной научной годичной конференции Санкт-Петербургского Отделения Российского национального комитета по истории и философии науки и техники «Научный Санкт-Петербург: К 295-летию Российской Академии наук». СПб: ИИЕТ РАН, 2019. С. 307-308.
  20. Иванова Е.А., Николаева Л.Г. Совместные публикации ученых стран мира // Петербургская социология сегодня. Вып. 12. СПб, 2019. С. 5-21.
  21. Иванова Е.А., Николаева Л.Г. Сравнение структуры научных исследований России с ведущими странами // Проблемы деятельности ученого и научных коллективов: Международный ежегодник. Вып. 5(35). Материалы XXXV сессии Международной школы социологии науки и техники им. С.А. Кугеля «Этос ученого в XXI веке». СПб: ИИЕТ РАН, 2019. С. 164-180.
  22. Марков В.С., Сидоренко Т.В. Обеспечение информационной безопасности облачных ИТ-сервисов в условиях неопределенности и риска» // Материалы конференции «Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2019)» (Санкт-Петербург, 23-25 октября 2019 г.). С. 229-230.
  23. Улыбин В.С., Пименова Т.Ф., Гайдей Т.П. Успехи петербургской школы горения и взрыва как области научно-технического прогресса. Вклад Санкт-Петербургского Научного совета по горению и взрыву: 1999–2019 гг. // Физико-химические аспекты предельных состояний и структурных превращений в сплошных средах, материалах и технических системах. Выпуск 3 / Под ред. чл.-корр. РАН Ю.В. Петрова. СПб.: Из-во «Политехника», 2019. С. 7-23.
  24. Цыганова А.В., Цыганов В.Е. Организация эндоплазматического ретикулума в клетках эффективных и неэффективных клубеньков гороха (*Pisum sativum* L.) // Экологическая генетика. 2019. Т. 17. № 4. С.5-12.
  25. Цыганова Т.А., Антропова Т.В., Мякин С.В. Особенности формирования адсорбционных центров термически модифицированных высококремнеземных пористых стекол»: Сборник тезисов в 6 томах. XXI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии (Санкт-Петербург, 9-13 сентября 2019 г.). Т. 1. С. 337.
  26. Цыганова Т.А., Шевченко Д.С., Магомедова О.С., Рахимова О.В. Биоактивная мембрана на основе модифицированного пористого стекла // Физика и химия стекла. 2019. Т. 45. № 4. С. 337-342.

27. Шевченко В.Я., Шилова О.А., Кочина Т.Ф., Барина Л.Д., Белый О.В. Ресурсосбережение и безопасность на транспорте за счёт внедрения экологически безопасных защитных покрытий // Вестник РАН. 2019. Т. № 45, № 1. С. 3-15.
28. Шевченко В.Я., Блатов В.А., Илюшин Г.Д. Кластерная самоорганизация интерметаллических систем. Новый кластер-прекурсор (InNa<sub>5</sub>)(AuAu<sub>5</sub>) и первичная цепь с симметрией  $5m$  для самосборки кристаллической структуры Na<sub>32</sub>Au<sub>44</sub>In<sub>24</sub>-oP100 // Физика и химия стекла. 2019. Т. 45. № 4. С. 303-310.
29. Крылова Е.А. Теоретические подходы к анализу процесса принятия внешнеполитических решений в ФРГ // Общество: политика, экономика, право. 2019. Вып. 11. С.
30. Крылова Е.А., Баринов А.С. "Социальное государство": миф или реальность? Сравнительный анализ на примере России и Германии // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2019. Т. 8. № 4(29). С. 27-35.
31. Bodrov S.Yu., Vasiljeva V.K., Okhlopov I.M., Mamayev N.V., Oleinikov A.Yu., Genelt-Yanovskiy E.A., Abramson N.I. Evolutionary history of mountain voles of the subgenus *Aschizomys* (Cricetidae, Rodentia), inferred from mitochondrial and nuclear markers//Integrative Zoology, 2019.
32. Бондарева О.В., Абрамсон Н.И., Овчинников А.Н., Белякова Н. А. Сравнительная оценка генетической структуры божьей коровки *harmonia axyridis (pallas)* (coleoptera, coccinellidae) // Энтомологическое обозрение. 2019. Т. 98, № 4. С. 753-760.
33. Filatov, A.S., Knyazev, N.A., Shmakov, S.V., Bogdanov, A.A., Ryazantsev, M.N., Shtyrov, A.A., Starova, G.L., Molchanov, A.P., Larina, A.G., Boitsov, V.M. and Stepakov, A.V., Concise Synthesis of Tryptanthrin Spiro Analogues with In Vitro Antitumor Activity Based on One-Pot, Three-Component 1, 3-Dipolar Cycloaddition of Azomethine Ylides to Cyclopropenes. 2019. Synthesis, 51(03). P. 713-729.
34. Nikolaev D.M., Panov M.S., Shtyrov A.A., Boitsov V.M., Vyazmin S.Y., Chakchir O.B., Yakovlev I.P. and Ryazantsev M.N. Perspective Tools for Optogenetics and Photopharmacology: From Design to Implementation. In Progress in Photon Science Springer, Cham. 2019. P. 139-172.

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Перечень научных мероприятий, в рамках которых в 2019 году проводилась апробация предложений по исследовательским проектам, составляющим основу мероприятий Программы фундаментальных научно-исследовательских работ Санкт-Петербурга на период до 2035 года

1. Всероссийская молодежная экологическая конференция «Вода – источник жизни» (Санкт-Петербург, 29 марта 2019)
2. Сессия «Conceptual Tectonics: Proof and Refutation in Tectonic Knowledge» на Генеральной Ассамблее Европейского союза наук о Земле (Вена, 7-12 апреля 2019 г.)
3. XXVII Всероссийская научная конференция учащихся «Интеллектуальное Возрождение» (Санкт-Петербург, 22 апреля 2019 г.).
4. 6<sup>th</sup> International School and Conference "Saint-Petersburg OPEN 2019" (April 22-25, St. Petersburg Academic University)
5. XVIII Международная научно-практическая конференция «Логистика: современные тенденции развития» (Санкт-Петербург, 4-5.04.2019 г.)
6. IV Международная научно-практическая конференция «Транспортное планирование и моделирование» (Санкт-Петербург, 11-12.04.2019г.)
7. Всероссийская научно-техническая конференция «Наукоёмкие технологии и перспективы применения фторорганических продуктов», в рамках деловой программы празднования юбилея – 100-летия со дня образования Государственного института прикладной химии (ГИПХ) (Санкт-Петербург, 30 мая 2019 г.)
8. XLVII International Summer School-Conference “Advanced Problems in Mechanics” (June 24-29, 2019, St. Petersburg, Russia).
9. Международная конференция «Mechanisms and Non-linear Problems of Nucleation and Growth of Crystals and Thin Films» (MGCTF 19) (St.Petersburg, Russia, 01-05.07.2019)
10. Международная научная конференция «Интегративная физиология» (Санкт-Петербург, 25-26.09.2019 г.).
11. XXIV Международный молодежный БИОС-Форум и Молодежная БИОС-Олимпиада-2019 (Санкт-Петербург, 20.09.2019 г.).
12. XI научно-практическая конференция Актуальные вопросы неврологии с симпозиумом «Нейропротекция при заболеваниях ЦНС» (Санкт-Петербург, 12.04.2019)

13. X научно-практическая конференция «Рациональная фармакотерапия в практике терапевта» с симпозиумом «Болезни органов дыхания». (Санкт-Петербург, 01.03.2019).
14. X научно-практическая конференция по патологии шейки матки: ШЕЙКА МАТКИ: диагностика, профилактика, лечение. (Санкт-Петербург, 14.02.2019 г.) .
15. X научно-практическая конференция, посвященная памяти профессора М.Г. Романцова «Грипп и другие респираторные инфекции: алгоритмы профилактики, диагностики и лечения» с симпозиумом «Бронхолегочные осложнения гриппа и ОРВИ». (Санкт-Петербург, 01.02.2019 г.).
16. Междисциплинарная научно-практическая конференция «Репродуктивное здоровье населения: реалии и перспективы». (Санкт-Петербург, 25.04.2019 г.).
17. 13-я научно-практическая конференция «Грипп и другие воздушно-капельные инфекции» с симпозиумом «Сочетанные поражения верхних дыхательных путей и желудочно-кишечного тракта» (Санкт-Петербург, 24.09.2019 г.).
18. XIV междисциплинарная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы урологии и гинекологии» с симпозиумом «Проблемные вопросы бесплодного брака». (Санкт-Петербург, 04.12.2019 г.).
19. 10-ая научно-практическая конференция «Рациональная фармакотерапия в педиатрии» с симпозиумом «Успехи в лечении заболеваний органов дыхания у детей» (Санкт-Петербург, 22.11.2019 г.).
20. II Международная научно-практическая конференция в рамках съезда Евразийской ассоциации неврологов «Хронические патологические состояния в неврологии: реалии, перспективы и юридические аспекты «MANAGE PATIENTS» ». (Санкт-Петербург, 14.11.2019 г.).
21. XI научно-практическая конференция Актуальные вопросы внутренних болезней (кардиология, пульмонология, гастроэнтерология, эндокринология) по материалам Конгрессов Европейского общества кардиологов, Европейского респираторного общества, международных конгрессов по гастроэнтерологии и эндокринологии 2019. (Санкт-Петербург, 22.10.2019 г.)
22. XVII ежегодная городская научно-практическая конференция педиатров «Современные проблемы педиатрии». (Санкт-Петербург, 02.10.2019 г.)
23. Международная научная конференция «Западноевропейские рукописи и документы от Поздней античности до начала Нового времени в собраниях Санкт-Петербурга: изучение, каталогизация, цифровая публикация» (Санкт-Петербург, 19-22.09.2019 г.).



24. Международная летняя школа – конференция «Актуальные проблемы механики – 2019 (АПМ -2019)».
25. Конференция «Информационная безопасность регионов России (ИБРР – 2019)» (Санкт-Петербург, 23-25.10.2019 г.)
26. XXIII Всероссийская конференция с международным участием по неорганическим и органосиликатным покрытиям (Санкт-Петербург, 7-9.10.2019 г.).
27. XXXV сессия Международной школы социологии науки и техники им. С.А. Кугеля «Этос ученого в XXI веке» (Санкт-Петербург, 29-30.10.2019 г.).
28. XL Международная научная годовая конференция Санкт-Петербургского Отделения Российского национального комитета по истории и философии науки и техники «Научный Санкт-Петербург: К 295-летию Российской Академии наук» (Санкт-Петербург, 28.10-01.11.2019 г.)
29. Научно-практическая конференция по изучению природы и культурно-исторического наследия Кингисеппского района Ленинградской области «Мой край». - 26.11.2019
30. Международный семинар «Птицы и пластик». (Москва. 12-14.11. 2019)
31. VI Международная научно-практическая конференция «Особо охраняемые природные территории: прошлое, настоящее, будущее». (Саратов-Хвалынский. 17-19.10.2019 г.)
32. The 1<sup>st</sup> European Conference on Silicon and Silica Based Materials (7-11 October 2019, Miskolc-Lillafüred, Hungary)
33. «Школа морской геологии», (18-22.11.2019 г., Москва)
34. «Морские исследования и образование» - MARESEDU 2019. (28-31.10.2019 г., Москва)
35. Российская научная конференция «30-летний путь российской науки и самоорганизация научного сообщества (к 30-летию Санкт-Петербургского союза ученых)» (Санкт-Петербург, 27.10.2019 г.).
36. Научно-практическая конференция с международным участием «Генетика — фундаментальная основа инноваций в медицине и селекции» (г. Ростов-на-Дону, 27-29.09.2019 г.).
37. XXI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии (Санкт-Петербург, 9-13.09.2019 г.)
38. 4-ая Российской конференция по медицинской химии Медхим-2019 (09-14.06.2019 года, Екатеринбург, в рамках XXI Менделеевского съезда).

39. 23rd Technical Meeting of the Nuclear Structure and Decay Data Network (8-12 April 2019, IAEA, Vienna).
40. II Международная конференция «Озера Евразии: проблемы и пути их решения» (Казань, 19-24.05.2019 г.)
41. Международная конференция ГЕОНАВ- 2019 (ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург, 13.05.2019 г.)
42. LXXII Герценовские чтения «География: развитие науки и образования» (Санкт-Петербург, 18-21.04.2019 г.)
43. Международный инновационный форум пассажирского транспорта «Smart Transport» (Санкт-Петербург, 19-21.06.2019)