

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 001

№ гос.рег. АААА-А17-117041850232-4

УТВЕРЖДАЮ

Председатель СПбНЦ РАН

академик



Ж.И. Алферов

**О Т Ч Е Т**

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 0240-2014-0009)**

Этап 2017 года

Зам. руководителя темы  
0240-2014-0009  
Главный ученый секретарь  
СПбНЦ РАН, д.э.н., проф.

Г. В. Двас

Санкт-Петербург  
2017

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Зам. руководителя темы

Главный ученый секретарь

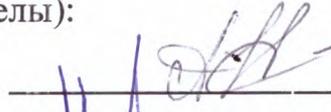
СПБНЦ РАН, д.э.н., проф.



Г.В. Двас (введение,  
заключение)

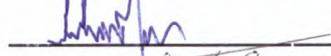
Исполнители темы (все разделы):

В.Н.С., Д.Г.-М.Н.



В.М. Анохин

В.Н.С., Д.Ф.-М.Н.



И.А. Митропольский

С.Н.С., К.Б.Н.



Ю.Н. Бубличенко

С.Н.С., К.Б.Н.



Л.А. Джапаридзе

С.Н.С., К.И.Н.



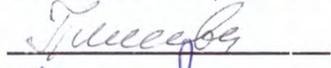
Е.А. Иванова

С.Н.С., К.Т.Н.



В.С. Марков

С.Н.С., К.Х.Н.



Т.Ф. Пименова

С.Н.С., К.Т.Н.



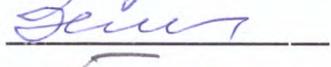
С.М. Счисляев

С.Н.С., К.Х.Н.



Т.А. Цыганова

Н.С., К.Б.Н.



О.М. Землянко

Н.С.



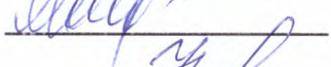
Н.Ю. Быстрова

Н.С.



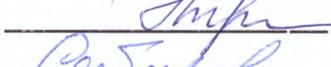
А.А. Воронова

Н.С.



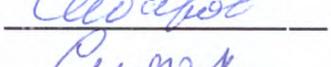
О.А. Мацкевич

Н.С.



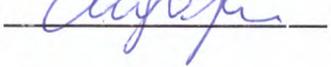
Л.Г. Николаева

Н.С.



И.Д. Сибаров

Н.С.



Т.В. Сидоренко

## РЕФЕРАТ

Отчет 166 с., 1 рис., 1 табл., 17 ист., 1 прил.

### НАУЧНО-ИННОВАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГА, ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ, ВОСПРОИЗВОДСТВО НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ

В настоящем отчете приведена пояснительная записка, содержащая краткие обоснования и описания вновь выявленных в 2017 году или уточненных за этот же период перспективных направлений развития в Санкт-Петербурге фундаментальных исследований, перечень которых сформирован по результатам 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».

Также настоящий отчет содержит перечень нацеленных на реализацию вновь выявленных в 2017 году или уточненных направлений мероприятий проекта программы фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года, сведенные в таблицу, соответствующий форме приложения 13а к Методическим указаниям Минэкономразвития России, и при этом сгруппированных в соответствии с приоритетами научно-технологического развития России, утвержденными в составе Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642).

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	
1 Краткие обоснования вновь выявленных или уточненных в 2017 году перспективных направлений развития фундаментальных исследований в Санкт-Петербурге	16
1.1 Перспективные направления развития в Санкт-Петербурге фундаментальных исследований в сфере энергетики	16
1.2 Перспективные направления развития в Санкт-Петербурге фундаментальных исследований в области биологических и медицинских наук	52
1.3 Перспективные направления развития в Санкт-Петербурге фундаментальных исследований в области экологии	103
1.4 Перспективные направления развития в Санкт-Петербурге фундаментальных исследований в области сельскохозяйственных наук	119
1.5 Апробация результатов исследований	132
2 Перечень вновь выявленных или уточненных направлений мероприятий проекта программы фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года (план-график)	137
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	160
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	162
ПРИЛОЖЕНИЕ А Список публикаций по теме в 2017 году	164

## 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;

- 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;

- исследовано фундирование 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 перспективы;

- разработаны 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 примерный 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 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.

Методологическая особенность выполнения работ в 2016 году была связана с тем, что исследования выполнялись в соответствии с нормативной базой, действовавшей по состоянию на 1 января 2016 года. Однако, в течении 2016 года нормативная база претерпела серьезные изменения. В частности, приказом Минэкономразвития России от 16 сентября 2016 года №582 предыдущая редакция Методических указаний по разработке и реализации государственных программ Российской Федерации была признана утратившей силой, а взамен её были утверждены новые Методические

рекомендации. Кроме того, в соответствии с поручением Правительства Российской Федерации от 15 июня 2016 года № ИШ-П13-3532 Минэкономразвития России совместно с Минфином России 1 июля 2016 года утвердили Методические рекомендации по представлению предложений по внесению изменений в государственные программы Российской Федерации в соответствии с распределением бюджетных ассигнований федерального бюджета на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов. Также в 2016 году вступили в силу изменения в государственную программу Санкт-Петербурга «Развитие промышленности, инновационной деятельности и агропромышленного комплекса в Санкт-Петербурге на 2015-2020 годы», которыми был утвержден перечень пилотных инновационных кластеров, формируемых, в том числе, с учетом рекомендаций Санкт-Петербургского научного центра РАН.

Однако, если изменения, внесенные указанными нормативными актами, оказались в достаточной мере учтенными в ходе выполнения СПбНЦ РАН исследования в рамках настоящей работы, то отразить концептуальные положения Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (далее – Стратегия), утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642, в 2016 году возможным не представлялось.

С точки зрения выполняемого СПбНЦ РАН фундаментального исследования, утверждение Стратегии повлекло кардинальные изменения базовой парадигмы, так как, во-первых, Стратегия (статья 20) определила приоритеты научно-технологического развития Российской Федерации на ближайшие 10-15 лет (направления, которые позволят получить научные и научно-технические результаты и создать технологии, являющиеся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке), а, во-вторых, конкретизировала (статья 36) результаты, ожидаемые вследствие

таргетируемого изменения роли науки и технологий в развитии общества, экономики и государства.

Изменения нормативной базы потребовали проведения дополнительных исследований на предмет установления соответствия проекта Программы указанным изменениям и определения основных направлений по корректировке проекта Программы в случае выявления тех или иных несоответствий. По итогам этих дополнительных исследований, выполненных в конце 2016 года, мероприятия Программы были сведены в таблицу, соответствующую форме приложения 13а к Методическим указаниям Минэкономразвития России, и при этом сгруппированы в соответствии с приоритетами научно-технологического развития России, утвержденными в составе Стратегии. Однако, как было указано ранее, более предметную работу по адаптации Программы к утвержденной 1 декабря 2016 года Стратегии выполнить в 2016 году не удалось. При этом, анализ переформатированного проекта Программы выявил, что некоторые из утвержденных Стратегией приоритетов научно-технологического развития России лишь фрагментарно отражены в проекте Программы, несмотря на то, что научный потенциал расположенных в Санкт-Петербурге научных организаций позволяет внести значительно больший вклад 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).

Основная причина такого несоответствия заключается в том, что в отличие от ранее принятых документов – Основных направлений фундаментальных исследований и Плана фундаментальных исследований Российской академии наук на период до 2025 года – Стратегия носит менее доктринальный характер и в значительной степени ориентирована на прикладные, инновационные аспекты развития науки в России.

Кроме того, Стратегия (статьи 32 и 33) ввела в юридический оборот новые механизмы создания условий для проведения исследований и разработок, соответствующих современным принципам организации научной, научно-технической и инновационной деятельности и лучшим российским практикам, а также для формирования эффективной системы коммуникации в области науки, технологий и инноваций, повышения восприимчивости экономики и общества к инновациям, развития наукоемкого бизнеса, что создает предпосылки для расширения перечня НИР, способных благоприятно влиять на эффективность трансформации научно-инновационного пространства Санкт-Петербурга в контексте инновационного развития российской экономики, что является предметом настоящего исследования и одной из целей разрабатываемой Программы.

Исходя из изложенного было принято решение об организации в 2017 году дополнительных исследований в рамках рассматриваемой темы государственного задания, в ходе которых планировалось проанализировать

потенциалы расположенных в Санкт-Петербурге научных и научно-образовательных организаций по участию в реализации не только чисто фундаментальных, но и прикладных НИР, соответствующих утвержденным Стратегией приоритетам научно-технологического развития России.

Также в 2017 году предполагалось продолжить работу по дальнейшей конкретизации влияния трансформации научно-инновационного пространства Санкт-Петербурга на его социально-экономическое развитие.

В настоящем отчете приведена пояснительная записка, содержащая краткие обоснования и описания вновь выявленных в 2017 году или уточненных за этот же период перспективных направлений развития в Санкт-Петербурге фундаментальных исследований, перечень которых сформирован по результатам 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». Резюме вновь выявленных или уточненных перспективных направлений развития в Санкт-Петербурге фундаментальных исследований по каждой отрасли науки дополнено информацией об апробации как этих, так и включенных ранее в проект Программы направлений – о научных и научно-практических конференциях, на которых научными сотрудниками Санкт-Петербургского научного центра РАН выполнялись доклады по соответствующим перспективным направлениям науки, и об опубликованных научными сотрудниками СПбНЦ РАН в рецензируемых журналах статей, также содержащих информацию о перспективных направлениях фундаментальных исследований.

Также настоящий отчет содержит перечень нацеленных на реализацию вновь выявленных в 2017 году или уточненных направлений мероприятий

проекта программы фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года, сведенные в таблицу, соответствующий форме приложения 13а к Методическим указаниям Минэкономразвития России, и при этом сгруппированных в соответствии с приоритетами научно-технологического развития России, утвержденными в составе Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642).

Необходимо отметить, что в 2017 году на федеральном уровне продолжилось формирование корпуса нормативных документов, определяющих стратегию развития Российской Федерации на средне- и долгосрочную перспективу, эффективность реализации которых существенно зависит от выполнения научных исследований в соответствующих сферах, что, в том числе, реализующихся или имеющих потенциал для реализации в Санкт-Петербурге, что в свою очередь, требует корректировки Программы.

Так, например, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 года № 203 Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы в качестве ключевого направления повышения конкурентоспособности российских информационных и коммуникационных технологий признает (статья 37) развитие науки, техники, технологий, а также содержит указание на необходимость решения следующих задач в процессе создания российских информационных и коммуникационных технологий (статья 38):

- обеспечить актуальность научно-исследовательских приоритетов и последовательное развитие прикладных решений на основании передовых фундаментальных научных исследований;

- расширять возможности многостороннего и двустороннего научно-технического сотрудничества в сфере информационных и

коммуникационных технологий, укреплять исследовательский потенциал и информационный обмен между государствами;

- осуществлять стимулирование фундаментальных и прикладных научных исследований в сфере информационных и коммуникационных технологий, выполняемых научно-исследовательскими организациями, а также разработку инновационного высокотехнологичного оборудования в указанной сфере.

Другим примером может служить утвержденная распоряжением Правительства России от 28 июля 2017 года № 1632-р программа «Цифровая экономика Российской Федерации». К числу новых вызовов и угроз, препятствующих развитию цифровой экономики России, этот документ относит недостаточную эффективность научных исследований, связанных с созданием перспективных информационных технологий, а среди мер, направленных на преодоление указанных недостатков, предусматривает комплекс мероприятий, начиная от наиболее общих, имеющих стратегическое значение, таких как, например, осуществление выбора перспективных «сквозных» технологий в области цифровой экономики на основе приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации, и заканчивая максимально конкретными, такими как, например, создание единой геодезической инфраструктуры, необходимой для задания, уточнения и распространения государственных и местных систем координат, включая проведение научных исследований, обеспечивающих ее эффективное использование.

Очевидно, что в короткие сроки, прошедшие с момента принятия приведенных и аналогичных документов, невозможно провести исследование их влияния на целесообразность корректировки программы фундаментальных и прикладных научных работ, необходимых для эффективной реализации указанных нормативных актов. Поэтому в представленном отчете принятые в 2017 году изменения нормативной базы

нашли лишь частичное отражение и подлежат уточнению и углублению в 2018 году.

Также необходимо отметить с особой остротой проявившуюся в 2017 году определенную сложность, являющуюся следствием того обстоятельства, что, с одной стороны, стратегические документы отраслевого развития на федеральном уровне могут приниматься как Правительством России, так и отраслевыми органами, а, с другой стороны, принимаемые нормативные акты, определяющие стратегию развития той или иной отрасли на долгосрочную перспективу, могут подвергаться существенной корректировке даже до истечения периода краткосрочного планирования.

В качестве примера неопределенности первого вида можно упомянуть о таком факте – если Стратегию развития сельскохозяйственного машиностроения Российской Федерации на период до 2030 год и Стратегия развития транспортного машиностроения Российской Федерации на период до 2030 год были утверждены распоряжениями Правительство Российской Федерации от 7 июля 2017 года № 1455-р и от 17 августа 2017 года № 1756-р соответственно, то Стратегия развития химического и нефтехимического комплекса на период до 2030 года – совместным приказом Министерство промышленности и торговли России и Министерство энергетики России от 8 апреля № 651/172.

Ярким примером неопределенности второго вида является государственная программа Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса», которая была утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 года № 314 и дважды корректировалась только в 2017 году – постановлением Правительства Российской Федерации от 26 января 2017 года № 78 и постановлением Правительства Российской Федерации от 31 марта 2017 года № 395.

Кроме того, в 2017 году только Минпромторгом России было объявлено о планируемой разработке стратегий развития 20 отраслей, включая металлургическую промышленность, судостроение, электронную, медицинскую и фармацевтическую отрасли, лесной комплекс, обработку, утилизацию и обезвреживание отходов производства и потребления – то есть те отрасли, потенциал научного обеспечения развития которых чрезвычайно высок именно в Санкт-Петербурге. Аналогичную работу ведут и другие министерства – Минсельхоз России, Минстрой России и др.

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, должны стать основным содержанием исследовательских работ по совершенствованию Программы в 2018 году.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### 1 КРАТКИЕ ОБОСНОВАНИЯ ВНОВЬ ВЫЯВЛЕННЫХ ИЛИ УТОЧНЕННЫХ В 2017 ГОДУ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

#### 1.1 Перспективные направления развития в Санкт-Петербурге фундаментальных исследований в сфере энергетики

В 2017 году перечень наиболее перспективных направлений фундаментальных исследований в сфере энергетики, осуществляемых в научных организациях Санкт-Петербурга и соответствующих мировым трендам развития науки, существенно расширился. В соответствии с положениями Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642, отраслевыми и региональными стратегиями, а также на основании последних научных достижений как петербургской, так и мировой науки, в 2017 году подготовлены и обоснованы три новые направления фундаментальных исследований в сфере энергетики, которые могут быть реализованы на базе научных и научно-образовательных организаций Санкт-Петербурга:

- исследование физических процессов при горении электрических дуг в газовых потоках и приэлектродных областях при генерации низкотемпературной плазмы в плазмотронах переменного тока мощностью до 3 МВт; создание мощных генераторов низкотемпературной плазмы различного назначения в интересах энергетики и плазмохимии;

- разработка основ создания турбогенераторных установок расширенного мощностного ряда, использующих концепцию комплексной утилизации энергоресурсов газотранспортной системы России;

- исследование, разработка и создание электромашинных маховичных накопителей энергии для применения в электрических сетях, на транспорте и в авиации.

Ниже приведена краткая информация, содержащая обоснование актуальности исследований по каждому из указанных направлений, теоретической новизны, которая может быть обеспечена для достижения целей исследований, описание ожидаемых результатов, а также этапности и примерной стоимости работ.

Так по направлению «Исследование физических процессов при горении электрических дуг в газовых потоках и приэлектродных областях при генерации низкотемпературной плазмы в плазмотронах переменного тока мощностью до 3 МВт» актуальность очевидна и обосновывается тем, что с увеличением мощности, срока службы, а также количества плазмообразующих сред, используемых в плазмотронах (в том числе и одновременно), расширяется возможность их применения в химических технологиях. Наиболее перспективно применение плазмотронов для решения следующих задач:

- проведение высоко эндотермических процессов (получение водорода из углеводородов и твердых топлив и биологических остатков). Типичным высоко эндотермическим процессом является паровой риформинг метана. Применяя паровую плазму при риформинге метана, возможно получение высокой степени превращения и селективности (до 99% и 95% соответственно), что практически недостижимо при традиционных методах нагрева водяного пара;

- осуществление реакций с высокой энергией активации (процессы с разрывом связей типа  $N\equiv N$ ,  $C=C$  в ароматических углеводородах,  $C-F$  и т.д.).

К представителям данной группы, в первую очередь, следует отнести реакции с молекулярным азотом (лимитирующий элементарный акт - разрыв тройной связи  $N\equiv N$ );

- достижение относительно высоких температур с применением плазменных генераторов, что позволит ускорить основные химические реакции. Так наибольший эффект от повышения температуры отмечается при разложении малых количеств органических веществ (смола) в синтез-газе. Кроме того, генератор плазмы отличается относительной компактностью по сравнению с традиционными устройствами нагрева газообразных сред (в первую очередь трубчатые печи), с сохранением высокого КПД для относительно малых и больших расходов газовых сред.

Использование плазмотронов в качестве одного из основных компонентов плазмохимического технологического процесса предъявляет к ним повышенные требования по удельному энергозатрату (мощности), надёжности, ресурсным характеристикам, эффективности (КПД), стоимости эксплуатации, а также квалификации и количеству обслуживающего персонала. В численном выражении это: мощность более 1 мегаватта, срок эксплуатации плазмотрона не менее 5 лет, ресурс расходующихся элементов (электродов) более тысячи часов, КПД более 90 %, конструкция плазмотрона должна позволять проводить все ремонтные и сервисные операции в течение одной рабочей смены.

Краткий обзор состояния проблемы, сравнение основных характеристик отечественных и зарубежных плазмотронов, а также уровней развития соответствующих сфер научных исследований позволяет сделать приведенные ниже выводы.

Для решения таких актуальных задач, как риформинг метана, востребованы плазмотроны с соответствующими плазмообразующими средами. В настоящее время существуют плазмотроны, работающие с использованием метана в смеси с другими газами и водяным паром в

качестве плазмообразующей среды. Плазмотроны EUROPLASMA (Nacala, Michon, 2009) адаптированы для использования в составе плазмохимических установок с возможностью подачи в качестве плазмообразующих газов продуктов переработки, имеющих в своем составе  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$ . Это плазмотроны постоянного тока линейной конструкции с двумя полыми цилиндрическими электродами, между которыми устроена вихревая камера газовой подачи. Для каждого из приведенных составов газа на плазмотронах EUROPLASMA проводился эксперимент продолжительностью свыше 50 часов. В Centre for Advanced Coating Technologies (CACT) в Университете Торонто (Канада) разработали плазмотроны постоянного тока с графитовым катодом, работающие на смеси  $\text{CO}_2$ - $\text{CH}_4$  с мощностью 40 кВт для осаждения покрытий и мощный плазмотрон (до 200 кВт) для получения материалов, переработки отходов и плазменной газификации (Pershin et al., 2013). Авторы отмечают, что термический КПД при работе с током 300А на смеси газов  $\text{CO}_2$ - $\text{CH}_4$  составляет порядка 67.7%, что существенно выше, чем при работе на смеси Ar- $\text{CH}_4$  (39%). В работе (Safa et al., 2014) рассмотрено применение такого плазмотрона мощностью 39 kW с графитовым электродом, работающего на смеси  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ , для разложения карбоновых кислот при переработке жидких промышленных отходов. Объемное отношение  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  составляло 1.875. Время эксперимента составляло около 17 минут. Описанные плазмотроны применимы для восстановления метана с непосредственным воздействием термической плазмы мощного дугового разряда. Существуют работы, описывающие процесс восстановления в плазмохимических реакторах, где метан в смеси с углекислотой подается в факел плазмотрона, работающего на другом плазмообразующем газе. Экспериментальные исследования по восстановлению  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  описаны в работе (Guohua et al., 2011). Процесс проводился в реакционной камере, в которую подавалась водяная плазма и отдельно смесь метана и углекислоты.

Получено мольное соотношение  $H_2$  к  $CO$  близкое к 2, что пригодно для прямого использования в промышленных приложениях.

Из наиболее подготовленных мощных плазмодгенераторов для промышленного применения можно назвать плазмотроны постоянного тока фирмы «Westinghouse Plasma Corp.», это устройства линейной схемы с цилиндрическими электродами. Диапазоны мощностей для плазмотронов моделей MARC-3A, MARC-11L, MARC-11H и MARC-4.5 составляют соответственно (80-300)кВт, (350-800)кВт, (860-2400)кВт и (280-530)кВт (Интернет..., 2015). Наиболее отработанными конструкциями следует считать MARC-3A и MARC-11L, их тепловой КПД составляет 70-85%. Значение полного КПД системы с учетом потерь на активном сопротивлении источника питания существенно ниже. Ресурс электродов - до 1000 часов.

Эксплуатируемые в настоящее время электродуговые плазмотроны постоянного тока имеют КПД не более 85% и практически не имеют возможности его дальнейшего повышения. Классическая линейная схема плазмотрона с короткой сильноточной дугой, горящей между катодом и анодом внутри корпуса, по которой созданы эти плазмотроны, с точки зрения повышения КПД себя практически исчерпала.

Разрабатываемые в ИЭЭ РАН электродуговые плазмотроны (Rutberg et al., 2013, Т. 115; Рутберг и др., 2013) имеют идеологию, принципиально отличающуюся от классической линейной схемы со сравнительно короткой дугой постоянного тока, она основана на электрических дугах переменного тока большой длины, горящих от электрода до электрода в длинных цилиндрических каналах (длина дуги может достигать 3 метров). Также одной из отличительных черт является то, что часть дуги вынесена за пределы корпуса плазмотрона. Внешний участок дуги может достигать 50% от общей длины дугового столба. Предложенное техническое решение позволило существенно (до 95 %) увеличить коэффициент передачи энергии

от электрической дуги к плазмообразующему газу и к перерабатываемым в плазмохимической установке материалам.

В Российской Федерации опыт разработки электродуговых плазмогенераторов переменного тока имеется также в ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», где ранее для целей космической программы был разработан трехфазный плазмотрон переменного тока «Звезда» (Rutberg et al., 2013, Т. 51), но информация о современном состоянии исследований данных устройств и о возможности их продолжительной непрерывной работы отсутствует.

Уровень науки и разработок по рассматриваемой тематике в Санкт-Петербурге в настоящее время можно признать соответствующим передовому мировому уровню, благодаря тому, что генераторы термической плазмы, разработанные в ИЭЭ РАН, не имеют мировых аналогов, обладая высокими показателями по эффективности передачи энергии рабочему газу (до 95%) и ресурсными характеристиками, позволяющими обеспечить непрерывную работу в составе технологических установок в течении сотен и тысяч часов. Для изучения процессов, протекающих в разрядных камерах генераторов термической плазмы, созданы уникальные экспериментальные стенды, оснащенные приборами для измерения быстроменяющихся электрических параметров, спектральной диагностики и оптических исследований с применением высокоскоростных камер, снимающих в видимом и инфракрасном диапазоне, проводятся экспериментальные исследования с использованием новейшего диагностического оборудования, применяются методы спектральной диагностики параметров плазмы, оптические методы исследования быстропротекающих процессов. Результаты исследований ежегодно докладываются на Российских и международных конференциях, публикуются в высокорейтинговых Российских и зарубежных издательствах.

### *Краткое обоснование теоретической новизны*

Результаты исследования физических процессов, протекающих при генерации низкотемпературной плазмы в плазмотронах переменного тока с сильноточными дугами в газовых потоках, и изучение приэлектродных явлений позволят получить оптимальные характеристики для новых генераторов низкотемпературной плазмы, в настоящее время требуемая информация в литературе отсутствует. Разработка мощных генераторов термической плазмы, работающих на различных плазмообразующих газах, включая воздух, метан, углекислый газ, водяной пар, как в смесях, так и по отдельности, позволит существенно продвинуть возможности реализации плазмохимических технологий переработки различных материалов с целью получения энергетического сырья. В частности, подача метана вместо иного защитного газа непосредственно в разрядную камеру плазмотрона, включенного в состав технологической установки для риформинга метана, позволяет избежать внесения в процесс балластных газов и добиться лучших результатов. Создание плазмотронов такого типа невозможно без глубоких фундаментальных исследований физических процессов, протекающих при горении электрической дуги в объеме разрядной камеры, а также на внешнем участке электрической дуги, выходящей из длинного цилиндрического канала с одним типом течения газа в затопленное пространство, где существенно меняются процессы теплообмена. Проведение исследований процессов взаимодействия электрической дуги с потоком плазмообразующего газа и материалами элементов конструкции, изучение процессов эрозии электродного материала в области привязки электрической дуги, позволит разработать новые, более мощные генераторы термической плазмы с высокими ресурсными показателями, имеющими высокий термический КПД, для работы в составе плазмохимических промышленных установок.

### *Обоснование предлагаемого решения задачи*

Будут проведены экспериментальные исследования, направленные на изучение параметров длинных электрических дуг, горящих внутри длинных каналов мощных высоковольтных электродуговых плазмотронов переменного тока с вихревой стабилизацией, и для наружных участков электрической дуги при условии перехода истечения из канала в затопленное пространство. Проведены разработки мощных генераторов термической плазмы с высокими ресурсными показателями и высоким термическим КПД.

Целью проводимых исследований является экспериментальное определение характеристик электрической дуги переменного тока для создания мощных генераторов термической плазмы переменного тока, востребованных для новых энергетических и плазмохимических установок для переработки различных материалов с целью получения энергетического сырья (синтез-газа).

Для достижения поставленных целей требуется решить следующие задачи:

- создание экспериментальных установок для определения внешних характеристик дуги и проведения оптических и спектральных исследований.
- получение новых экспериментальных данных по параметрам мощных дуг переменного тока.
- разработка мощных генераторов термической плазмы для плазмохимических приложений

### *Методы решения поставленных задач*

Для определения внешних характеристик генераторов термической плазмы в процессе экспериментов будут варьироваться параметры источника питания – ток дуги, расход и соотношение плазмообразующей смеси.

Для определения параметров плазмы в столбе дуги переменного тока будут проведены исследования с использованием методов эмиссионной спектроскопии, фотосъемка и синхронная высокоскоростная (не менее 4000

кадров в секунду) видеосъемка дуги одновременно с нескольких ракурсов. Результаты фото- и видеорегистрации позволят определять геометрические размеры дуги, быстро изменяющей форму, что даст возможность оценить электрическую проводимость дугового столба и концентрацию носителей зарядов.

Для проведения спектральных измерений параметров столба электрической дуги и определения температуры столба дуги оптическими методами будет создан комплекс спектральной диагностики.

*Основные этапы работы и планируемые результаты*  
2018-2020 гг.

Проведение исследований электрофизических процессов в плазмогенерирующих системах мощностью до 500 кВт.

Соответствующие этапы проведения исследования:

1) Проведение исследований электрофизических процессов электрическая дуга – система электропитания. (2018 г.)

2) Разработка электроразрядной камеры генератора плазмы мощностью 500 кВт. (2018 г.)

3) Исследование процессов, протекающих при работе генераторов термической плазмы в составе экспериментальных плазмохимических технологических установок по газификации твердых и жидких топлив. (2019 г.)

4) Исследование процессов, протекающих при работе генераторов термической плазмы в составе экспериментальных плазмохимических технологических установок по переработке хлор и фтор содержащих веществ. (2020 г.)

2021-2025 гг.

Увеличение мощности плазменных системы до 1 МВт. Разработка полупромышленного оборудования для пилотных плазмохимических установок.

Соответствующие этапы проведения исследования:

5. Разработка источника питания плазменной установки мощностью 1 МВт (2021 г.)

6. Разработка электроразрядной камеры и электродного узла генератора плазмы мощностью 1 МВт. (2022 г.)

7. Исследование нестационарных процессов, протекающих в электрических дугах переменного тока плазменных систем устройств мощностью до 1 МВт. (2023 г.)

8. Исследование процессов, протекающих при работе мощных плазменных систем в составе экспериментальных плазмохимических технологических установок. (2024 г.)

9. Разработка полупромышленного оборудования для пилотных плазмохимических установок. (2025 г.)

2026-2030 гг.

Увеличение мощности единичной плазменной системы «Источник питания - плазмотрон» до 3 МВт. Разработка серийного плазменного оборудования для промышленных плазмохимических систем.

Соответствующие этапы проведения исследования:

10. Разработка экспериментального стенда и для проведения испытаний плазменных систем мощностью до 3 МВт. (2026 г.)

11. Разработка систем питания плазменных систем до 3 МВт. (2027 г.)

12. Разработка электроразрядных плазмогенерирующих устройств мощностью до 3 МВт. (2028 г.)

13. Исследование электрофизических процессов, протекающих в электродуговых плазменных системах мощностью до 3 МВт. (2029 г.)

14. Разработка серийного плазменного оборудования для промышленных плазмохимических систем в интересах развития возобновляемой энергетики и решения экологических проблем СЗФО РФ. (2030 г.)

*Практическая значимость планируемых результатов, возможные области применения*

Результаты экспериментальных исследований параметров дуги переменного тока.

Работа плазмотрона в составе плазмохимического реактора сопровождается существенным изменением внешних для плазмотрона факторов таких как давление и температура внутри плазмохимического реактора. Так же в следствии изменения технологического процесса возможны изменения режимов и составов плазмообразующего газа и параметров источника питания. Поэтому для определения рабочего диапазона плазмотрона будут проведены исследований электрофизических параметров электрических дуг в широком диапазоне расходов и соотношений плазмообразующих смесей и параметров источника питания. Будут получены результаты экспериментальных исследований для дальнейшего совершенствования электродуговых плазмотронов переменного тока и изучены процессы, протекающие в электроразрядных камерах электродуговых плазмотронов. Будут получены ВАХ системы для разных расходов плазмообразующих сред и параметров источника питания. Будут определены параметры длинной электрической дуги для разных её участков, горящих как внутри длинного цилиндрического канала высоковольтного электродугового плазмотрона переменного тока при условии вихревой стабилизации, так и для наружных участков электрической дуги при условии перехода истечения из цилиндрического канала в затопленное пространство. Что обеспечит возможность разработки мощных плазмогенераторов с требуемыми характеристиками.

Разработка мощных генераторов термической плазмы для плазмохимических приложений.

Основываясь на результатах исследований физических процессов, протекающих в сильноточных дугах в газовых потоках, будут проведены

испытания прототипов элементов конструкций и узлов мощных электродуговых плазмотронов переменного тока. В частности, будут проведены ресурсные испытания электродов. Также будет проведено исследование конструкций плазмотронов с тангенциальной стабилизацией дуг газовыми потоками и инициацией дуг путем пробоя межэлектродного промежутка приложенным высоким напряжением. Применение длинных дуг переменного тока с высоким падением напряжения позволит достичь необходимой мощности при относительно малых значениях тока, что должно благоприятно сказываться на снижении эрозии электродов.

Применение термической плазмы в частности для процесса риформинга метана может позволить обеспечить степени конверсии до ~ 99%. Для достижения этих параметров температура струи плазмы, поступающей в зону смешения с дополнительной подачей в нее метана, должна достигать  $\sim (3,2-3,3) \cdot 10^3$  К. Поскольку одним из основных параметров определяющих эффективность процесса является величина энергозатрат, то необходимо максимально повысить термический КПД плазмотронов (генераторов плазмы), применяемых для этих целей. Существующие в настоящее время в мире плазмотрон имеют КПД не выше 85%. Плазмотроны, разрабатываемые в ИЭЭ РАН, имеют КПД до 95% и в наибольшей степени подходят для применения в технологиях такого типа.

#### Применение мощных плазмогенераторов переменного тока.

Разрабатываемые плазмогенераторы востребованы для использования в следующих перспективных плазмохимических технологиях:

1) Уничтожение медицинских отходов классов Б, В, Г. Установка может применяться в местах локального скопления или образования опасных медицинских отходов в количествах ~1200 тонн в год.

2) Уничтожение жидких токсичных отходов. Технология предназначена для гарантированного уничтожения особо токсичных жидких отходов: полихлорбифенилов; фтор- хлор- бром-углеводородов и других

галогеносодержащих веществ; фреонов; боевых отравляющих веществ и продуктов их переработки; прочих жидких токсичных отходов.

3) Плазменная газификация бытовых отходов и биомассы. Технология предназначена для переработки твердых бытовых и других содержащих органику отходов и получения коммерческих продуктов в виде электрической и тепловой энергии либо жидких моторных топлив.

4) Плазменный риформинг природного газа. Технология предназначена для переработки природного газа в коммерческие продукты: жидкие моторные топлива, спирты, диметиловый эфир и пр. Природный газ при высоких температурах смешивается с диоксидом углерода и водяным паром, образуя синтез-газ (смесь оксида углерода и водорода) — сырьё для технологий органического синтеза (синтез Фишера-Тропша, оксосинтез). Соотношения компонентов на входе подбираются с целью обеспечить требуемое соотношение  $H_2/CO$  на выходе. Возможности технологии позволяют варьировать этот параметр в широких пределах. По сравнению с традиционными способами конверсии природного газа данный метод является более эффективным, обеспечивая высокие степени конверсии и селективности.

5) Рециклинг изотопа углерода  $^{14}C$ . Технология предназначена для переработки слаборадиоактивных отходов с извлечением изотопа углерода  $^{14}C$  для повторного использования.

#### *Обоснование финансирования*

Предполагается получение ежегодного финансирования в объеме 10 миллионов рублей в год до 2020 г. и 11 миллионов ежегодно на реализацию 5-14 этапов – 2021-2030 гг. Средства будут потрачены на приобретение исследовательского оборудования, приборов, конструкционных и расходных материалов, заработную плату исследователей, командировочные расходы, а также расходы на представление результатов разработок на международных научных мероприятиях и их опубликование.

### *Обоснование привлечения организации-исполнителя*

Основным исполнителем может быть определен Института электрофизики и электроэнергетики РАН. Для разработки электродных материалов предполагается привлечь ФГУП «Прометей». ФГУП «Прометей» является ведущим предприятием России в этой области. ИЭЭ РАН имеет многолетний опыт совместной работы с ФГУП «Прометей».

Актуальность направления «Разработка основ создания турбогенераторных установок расширенного мощностного ряда, использующих концепцию комплексной утилизации энергоресурсов газотранспортной системы России» связана с тем, что по мере увеличения потребности в энергии различного вида для промышленного производства и бытового использования постоянно вводятся в эксплуатацию новые генерирующие мощности. При этом основным видом энергии, которую использует человечество, является электрическая энергия, что обусловлено рядом её преимуществ – налаженная генерация, удобство доставки к конечному потребителю, универсальность, удобство и простота преобразования в другие виды энергии.

Преимущественно электроэнергия вырабатывается на тепловых электростанциях с использованием органического топлива – твердого (в основном уголь), жидкого (продукты переработки нефти) и газообразного (в основном, природный газ). При этом отмечается непрерывный рост использования природного газа на электростанциях, что позволяет улучшить эффективность организации рабочих процессов горения, повысить экономичность тепловых электростанций, уменьшить вредное воздействие на окружающую среду.

Краткий обзор состояния проблемы, сравнение основных характеристик отечественных и зарубежных плазмотронов, а также уровней развития соответствующих сфер научных исследований позволяет сделать приведенные ниже выводы.

Доля природного газа в мировом топливно-энергетическом комплексе, как ожидается, в первой половине XXI века возрастет до 30 %, а в России к 2030 году превысит 60 процентов. Для достижения цели стабильного, бесперебойного и экономически эффективного удовлетворения постоянно возрастающего внутреннего и внешнего спроса на природный газ Энергетической стратегией России на период до 2020 года предусматривается сокращение потерь и снижение затрат на всех стадиях технологического процесса при добыче, подготовке и транспорте газа, а также решение задач ресурса и энергосбережения.

Россия является мировым лидером по добыче газа. Для доставки этого топлива на электростанции и другим потребителям газа была построена единая газотранспортная система (ГТС) России. Ниже на рисунке 1 приведены основные потребители и производители электрической энергии на ГТС для собственных нужд и внешних потребителей – вдольтрассовые линейные потребители магистральных газопроводов (ЛВПМГ), компрессорные станции (ГКС), газораспределительные станции (ГПС), газораспределительные пункты (ГРП) и щиты ГРЩ), внешние потребители (ВП)).

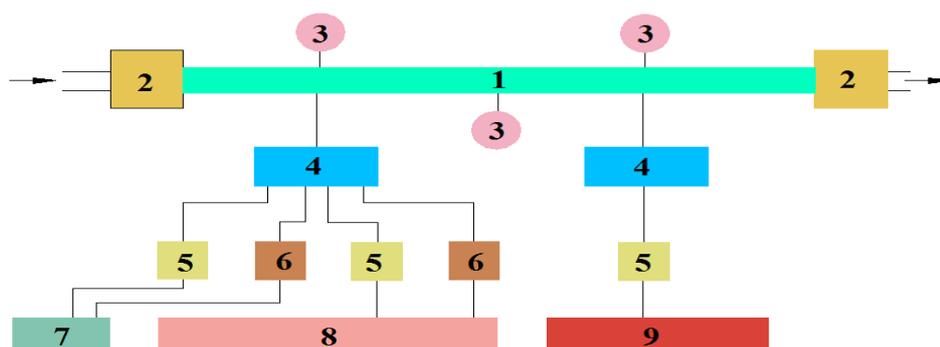


Рисунок 1 – Типовой участок газотранспортной системы.

- 1 – магистральный газопровод, 2 – компрессорные станции,
- 3 – вдольтрассовые линейные потребители магистральных газопроводов,
- 4 – газораспределительные станции, 5 – газораспределительные пункты.

6 – газораспределительные щиты. 7 – объекты газонефтяных месторождений (собственные нужды), 8 – объекты малых, средних и крупных населённых пунктов, городов, 9 – электростанции, промышленные предприятия.

Открытое акционерное общество «Газпром» эксплуатирует самую протяженную, газотранспортную сеть в мире, включающую около 170 тысяч километров магистральных газопроводов, причем их протяженность увеличивается с каждым годом.

Устойчивая тенденция снижения надежности электроснабжения от внешних сетей являлась одним из основных факторов при принятии решения в ОАО «Газпром» о развитии собственной энергетической базы на основе применения собственных источников электрической энергии. Применение собственных автономных энергоисточников для электроснабжения линейных потребителей основывается на анализе и определенном опыте Газпрома, России и европейских стран. В настоящее время в Европе активно внедряются не только традиционные энергоустановки, но и энергоустановки на базе возобновляемых источников энергии (фотогальваника, ветроустановки и др.). На объектах «Газпрома» уже применялись автономные источники импортного и отечественного производства («Ормат», «Глобал Электрик», КАТОФ, КАТОИ и другие). Однако их применение не носило автономного характера, и они обладали высокой стоимостью.

Вопросы о разработке необходимой нормативно-технической документации для применения собственных автономных энергоисточников в ОАО «Газпром» весьма актуальны, и работа в этом направлении будет проводиться не только с участием организаций, входящих в структуру ОАО «Газпром», но и с привлечением сторонних организаций.

Из всего сказанного можно сделать вывод, что при правильной организации работы и высокой ответственности исполнителей возможно успешное внедрение автономных источников энергии для электроснабжения

газотранспортной системы России и других внешних потребителей. На решение указанных задач и направлена настоящая работа.

*В работе предлагается концепция, включающая:*

- использование энергии сжатого природного газа для выработки электрической энергии в турбогенераторах на собственные нужды газотранспортной системы России и для внешних потребителей;

-использование теплоты уходящих газов газотурбинных установок (ГТУ) газоперекачивающих станций (ГПС) в утилизационных паровых турбинах, также для выработки электрической энергии в турбогенераторах на собственные нужды газотранспортной системы России и для внешних потребителей.

Согласно этой концепции механическая энергия, необходимая для создания энергии давления газа и для компенсации гидравлических потерь в МГ, вырабатывается, в основном, в газотурбинных агрегатах. Для получения этой энергии в камерах сгорания турбин на каждой ГПС сжигается 0,2...0,3% от расхода, перекачиваемого через станцию газа. При транспортировке газа от мест его добычи (например, в Западной Сибири) до конечного потребителя (страны Европейского экономического сообщества) в камерах сгорания сжигается до 6...7% от общего объема перекачиваемого газа. На каждой из последующих ГПС топливный природный газ дросселируется (редуцируется) от давления в 5,4...10,0 и выше МПа до давления топливного газа 2,0...3,6 МПа.

При подаче природного газа конечному промышленному или бытовому потребителю также необходимо снижать давление газа на газораспределительных станциях (ГРС), компрессорных станциях (ГПС), газораспределительных пунктах (ГРП) и щитах (ГРЩ), то есть редуцировать газ от давления в магистральном газопроводе до давления потребителя (0,15...3,0 МПа). При этом, по ныне существующим технологиям, энергия

давления газа полностью теряется, то есть теряется та энергия, которая была передана газу на предыдущих ГПС.

Обоснование и практическая реализация вышеуказанной концепции может быть выполнено на базе Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого и предприятия ООО «Газпром Трансгаз Санкт-Петербург».

ООО «Газпром Трансгаз Санкт-Петербург» – это одно из крупнейших газотранспортных предприятий России (рисунок 2) ООО «Газпром Трансгаз Санкт-Петербург» – 100-процентная дочерняя организация ОАО «Газпром», эксплуатирует более 10,7 тысяч километров газопроводов, 240 газораспределительных станций и 32 компрессорных станции, в которых установлены 192 газоперекачивающих агрегатов суммарной мощностью 1795 МВт.

Годовой объем транспортируемого газа превысил 130 миллиардов кубометров, при этом 74% транспортируемого газа предназначено для обеспечения экспортных программ по поставкам газа зарубежным потребителям. Большая часть газа перекачивается за счет эксплуатации газотурбинного агрегата (ГПА) с газотурбинным приводом. Расширение системы автоматизации и диспетчеризации, а также внедрение новых энергопотребляющих систем требует увеличения энерговооруженности объектов всей газотранспортной системы, распределенных на обширной территории. Традиционные сетевые решения присоединения электрической мощности к её объектам влекут за собой снижение надёжности их работы, достаточно высокую стоимость строительства и эксплуатации, требуют значительных затрат времени на проведение проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ. Всё это сыграло определяющую роль при принятии решения в ОАО «Газпром» о развитии собственной энергетической базы на основе применения собственных источников. Время подтвердило не только техническую, но и экономическую правоту данного направления.

Следует отметить, что реализация «Программы внедрения и строительства электростанций и энергоустановок» дала возможность провести технико-экономический анализ и оценить возможности отечественных производителей.

В связи с актуальностью поставленных задач по развитию автономного энергоснабжения газотранспортной системы России (ГТС) и высокой востребованностью на рынке локальных источников электрической энергии, будут выполнены исследования по научно-техническому обоснованию, разработке принципов проектирования и созданию нового класса турбогенераторов для выработки электрической энергии на собственные нужды ГТС России и для внешних потребителей, использующих энергию сжатого природного газа и теплоты уходящих газов в утилизационных паровых турбинах ГТУ ГПС. Всё вышесказанное определяет высокую актуальность предлагаемой работы.

Разработка основ создания турбогенераторных установок расширенного мощностного ряда, использующих энергию сжатого природного газа газотранспортной системы России для обеспечения электрической энергией собственных нужд и внешних потребителей.

Предлагаемая концепция создания турбогенераторов (ТГ), использующих энергию редуцирования газа, позволяет создавать экологически чистые источники, генерирующие электрическую энергию, без сжигания при этом дополнительного топлива. Внедрение концепции позволит решить задачи повышения энергоэффективности работы газотранспортной системы, эффективности использования потенциала органических источников тепловой энергии – природного газа. Создание турбогенераторов электрической энергии для автономного обеспечения собственных нужд газотранспортной системы, с экономичностью и массогабаритными характеристиками, не имеющими аналогов в зарубежной и отечественной технике, чрезвычайно актуально.

Для достижения поставленной цели необходимо разработать комплекс новых технических решений, определяющих новый класс турбогенераторов электрической энергии, не применявшихся ранее в отечественной энергетике. Новые технические решения позволят выполнить сформированные требования к турбогенераторам газотранспортной системы и обеспечить их широкое внедрение. К таким решениям относится применение малорасходных высокоэффективных малорасходных турбин, газодинамических подшипников и высокооборотных электрогенераторов с преобразователями.

Выполненные исследования и разработки являются чрезвычайно актуальными и востребованными, особенно в условиях курса, принятого руководством страны на импортозамещение, поскольку отечественных аналогов практически не существует, а зарубежные аналоги стоят очень дорого.

Целью этого этапа работы является научно-техническое обоснование, разработка и создание нового класса турбогенераторов, использующих энергию сжатого природного газа для выработки электрической энергии для собственных нужд газотранспортной системы (ГС) России и внешних потребителей. Экономичность, массогабаритные характеристики и надёжность турбогенераторов (ТГ) должны превышать лучшие аналоги зарубежной и отечественной техники. Для достижения поставленной цели необходимо было использовать комплекс новых технических решений, не применявшихся ранее в отечественной энергетике. К таким решениям относится применение малорасходных высокоэффективных малорасходных турбин конструкции ЛПИ, газодинамических подшипников и высокооборотных электрогенераторов.

Задачи исследования по данному разделу:

- выполнение анализа и обоснования количества необходимой электрической энергии на собственные нужды для основных составляющих газотранспортной системы России;

- определение возможности выработки электрической энергии основными составляющими газотранспортной системы России для собственных нужд и внешних потребителей;
- рассмотрение различных автономных источников электрической энергии, оценка их преимуществ и недостатков, выбор и обоснование наиболее перспективных и в полной мере удовлетворяющих сформулированным требованиям;
- выбор режимных параметров и геометрических характеристик для создания турбогенераторов газотранспортной системы России;
- разработка принципов построения расширенного мощностного ряда нового класса турбогенераторов газотранспортной системы России;
- создание исследовательской базы и технологического оборудования для проведения экспериментальных исследований и натурных испытаний;
- разработка методик проведения испытаний и обработки экспериментальных данных;
- проведение расчётно-экспериментальных исследований расширительной турбины, газодинамических подшипников и высокооборотного электрогенератора унифицированных турбогенераторов;
- проведение численного эксперимента в трёхмерной постановке расширительной турбины конструкции ЛПИ с целью изучения физической картины течения рабочего тела в проточной части и оценки характеристик расширительной турбины;
- обобщение экспериментальных характеристик исследованных МРТ разного типа с целью использования таких турбин в турбинных генераторах;
- обоснование прочностных характеристик ТГ;
- разработка конструкций, создание и доводка опытных образцов унифицированных турбогенераторов.

*Основное содержание (подэтапы) рассматриваемого этапа работы и планируемые результаты*

1) Обзор, состояние развития и сравнительный анализ автономных источников электрической энергии для газотранспортной системы России.

2) Анализ и обоснование необходимой электрической энергии на собственные нужды и возможности выработки электрической энергии основными составляющими газотранспортной системы России, в том числе и для внешних потребителей.

3) Анализ тепловых схем турбогенераторов электрической энергии, использующих энергию сжатого природного газа. выбор и обоснование режимных и параметров.

4) Выбор, обоснование типов и характеристик основных элементов турбогенераторов электрической энергии, использующих энергию сжатого газа.

5) Основные принципы проектирования расширительных турбин для турбогенераторов электрической энергии, использующих энергию сжатого природного газа.

6) Теоретическое исследование физической структуры потока и характеристик расширительной малорасходной турбины турбогенератора с помощью численных методов.

7) Экспериментальные и натурные исследования расширительных турбин турбогенераторов и микротурбогенераторов электрической энергии, использующих энергию сжатого природного газа.

8) Разработка и практическая реализация турбогенераторов, использующих энергию сжатого природного газа для газотранспортной системы России.

Разработка основ создания утилизационных турбин, использующих энергию тепла уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций

газотранспортной системы России для обеспечения электрической энергией собственные нужды и внешних потребителей

Целью данного раздела работы является разработка научно-технических основ создания утилизационных паротурбинных установок, использующих теплоту уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций для автономной выработки электроэнергии, в том числе и на собственные нужды. Экономичность, массогабаритные характеристики и надёжность утилизационных паротурбинных установок должны превышать лучшие аналоги зарубежной и отечественной техники.

Задачи исследования по данному разделу:

- классификация газотурбинных установок ГПС по технико-экономическим показателям, уровню мощности и по базовым технологиям.
- изучение парка газоперекачивающих станций на основе газотурбинного привода в России;
- исследование значений располагаемой мощности (теплоты уходящих газов) на выходе из газотурбинных установок разного типа газоперекачивающих станций.
- оценка возможностей выработки электрической энергии газотурбинными установками газоперекачивающих станций за счёт использования тепла уходящих газов;
- выполнение анализа и обоснования количества необходимой электрической энергии на собственные нужды для газоперекачивающих станций России;
- разработка тепловых схем и разработка методов расчёта комбинированных установок с утилизационными паротурбинными установками, использующими теплоту уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций;

- выбор режимных параметров и геометрических характеристик утилизационных паротурбинных установок, использующих теплоту уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций;
- разработка основных этапов проектирования утилизационных паротурбинных установок, использующих теплоту уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций;
- создание научно-исследовательской базы и технологического оборудования для проведения экспериментальных исследований малорасходных турбин утилизационных паротурбинных установок;
- разработка методик проведения испытаний и обработки экспериментальных данных;
- проведение расчётно-экспериментальных исследований малорасходных турбин утилизационных паротурбинных установок;
- изучения физической картины течения рабочего тела в проточной части и оценки характеристик малорасходных турбин утилизационных паротурбинных установок;
- разработка конструкций, создание и доводка опытных образцов малорасходных турбин и утилизационных паротурбинных установок;

*Основное содержание (подэтапы) рассматриваемого этапа работы и планируемые результаты*

1) Обзор и анализ энергетического потенциала для утилизации тепловой энергии на выходе газотурбинных установок (ГТУ) газоперекачивающих станций (ГПС).

2) Тепловые схемы комбинированных установок с утилизационными паротурбинными установками, использующих теплоту уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций и методологическое обеспечение для их расчётного исследования.

3) Результаты расчётного исследования тепловых схем комбинированных установок с утилизационными паротурбинными установками, использующих теплоту уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций.

4) Основные этапы создания утилизационных паровых турбин, использующих теплоту уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций.

5) Теоретическое исследование характеристик и физической модели структуры потока в проточной части утилизационных паровых малорасходных турбин, работающих на органических рабочих телах с помощью 3-ёх мерных численных методов.

6) Экспериментальные и натурные исследования моделей и объектов утилизационных паровых малорасходных турбин. Сравнение с расчётными результатами.

7) Разработка и практическая реализация комбинированных установок с утилизационными паротурбинными установками, использующими теплоту уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций для автономной выработки электроэнергии, в том числе и на собственные нужды.

#### *Практическая значимость работы*

Будет разработан и обоснован новый класс автономных турбинных источников электрической энергии (турбогенераторов), использующих энергию сжатого природного газа и теплоты уходящих газов ГТУ ГПС для газотранспортной системы России.

Электрическая мощность предложенных турбогенераторов, обеспечивающих собственные нужды линейных магистральных газопроводов, газоперекачивающих станций, газораспределительных станций, газораспределительных пунктов и щитов лежит в диапазоне от нескольких десятков ватт до 500...550 кВт и внешних потребителей до 800...1000 кВт.

### *Обоснование финансирования*

Обеспечение расходных материалов при проведении исследований, обслуживание задействованной техники и средств измерения, оплата материалов создания объектов, транспортные и командировочные расходы при проведении экспериментальных и натурных исследований, зарплата научного коллектива и обслуживающего персонала.

1 этап – 2018-2020 гг. – 24 млн. руб.;

2 этап – 2021-2025 гг. – 36млн. руб.;

3 этап – 2026-2030 гг. – 48 млн. руб.

### *Обоснование привлечения организации-исполнителя*

Основным исполнителем может быть определен ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого», как удовлетворяющий следующим необходимым условиям:

- обладание обширной, современной и аккредитованной приборной базой. Измерительные приборы, применяемые при выполнении проекта, должны быть внесены в Государственный реестр средств измерений и иметь всю необходимую сопроводительную документацию;

- наличие научного коллектива со значительным опытом научно-методической и практической работы в области мониторинга качества окружающей среды и дистанционных способов мониторинга;

- владение необходимыми для выполнения аналитических, экспериментальных и натурных исследований проекта методиками, позволяющими соответствовать полученным результатам высокому мировому уровню качества, методами и технологиями, имеющими научную новизну, защищенную правами на интеллектуальную собственность в Российской Федерации.

Ярким примером, подтверждающим актуальность «Исследования, разработки и создания электромашинных маховичных накопителей энергии для применения в электрических сетях, на транспорте и в авиации», является

сложившаяся в настоящее время ситуация, когда в энергосистемах стабилизация напряжения обеспечивается с достаточно высокой скоростью за счет регулирования величины реактивной мощности генераторов и компенсаторов реактивной мощности. При этом быстродействующая стабилизация частоты энергосистемы обеспечивается за счет кинетической энергии генераторов электростанций, а последующая стабилизация частоты энергосистемы обеспечивается за счет регулирования активной мощности электростанций. Даже при максимально допустимом по нормам на качество электроэнергии снижении частоты на 0,4 Гц, энергосистемы могут за счет энергии маховых масс агрегатов генерировать сравнительно небольшое количество энергии. Так от энергосистемы Центра России можно получить примерно 2600 МДж. В настоящее время основным методом обеспечения устойчивости энергосистем при значительном снижении частоты является использование автоматического ограничения снижения частоты (АОСЧ). АОСЧ осуществляет автоматический частотный ввод резерва при снижении частоты ниже минимально допустимых значений и автоматическую частотную разгрузку (АЧР) при снижении частоты ниже 49,0 Гц. АЧР осуществляется путем отключения потребителей и является крайне нежелательной. Предпочтительно обеспечить поддержание устойчивости и качества электроэнергии в энергосистеме за счет введения в энергосистему накопителей энергии, одним из наиболее эффективных типов которых является маховичный накопитель энергии, на протяжении многих лет находящий применение в электрических сетях и на транспорте.

Маховичные электрические генераторы мощностью порядка сотен МВт синхронного типа в сочетании с полупроводниковыми преобразователями в 1980-1990 годах использовались как в России, так и за рубежом для формирования импульса мощности в системах электропитания крупных физических установок. Институт электрофизики и электроэнергетики РАН имеет большой опыт по разработке и наладке совместно с заводом

«Электросила» маховичных накопителей энергии для применения на установках токамак. Как в России, так и за рубежом имеется опыт применения маховичных накопителей энергии в автобусах и троллейбусах. Перспективным представляется применение маховичных электрических генераторов в авиации для питания электродвигателей беспилотных летательных аппаратов.

Маховичный генератор, будучи подключенным через преобразователь частоты к энергосистеме может за время порядка 0,2-0,5 С развить свою номинальную активную мощность и обеспечить стабилизацию частоты в энергосистеме на время, необходимое для ввода основных генерирующих мощностей энергосистемы или на время действия АЧР. Кроме того, преобразователь частоты в цепи статора синхронного генератора может работать в качестве статического компенсатора реактивной мощности в режиме как генерации, так и потребления реактивной мощности и обеспечивать стабилизацию напряжения в энергосистеме.

В последнее время участились крупные системные аварии такие, как аварии в энергосистеме Нью-Йорка (1965, 1997, 2003 годы), в энергосистеме Италии (2003 год), в энергосистеме Москвы (2005 год) и многие другие. Предотвращение таких аварий требует наличия резервных источников мощности, а также стабилизации напряжения и частоты в энергосистемах.

Так по направлению «Исследование физических процессов при горении электрических дуг в газовых потоках и приэлектродных областях при генерации низкотемпературной плазмы в плазмотронах переменного тока мощностью до 3 МВт» актуальность очевидна и обосновывается тем, что с увеличением мощности, срока службы, а также количества плазмообразующих сред, используемых в плазмотронах (в том числе и одновременно), расширяется возможность их применения в химических технологиях. Наиболее перспективно применение плазмотронов для решения следующих задач:

Краткий обзор состояния проблемы, сравнение основных характеристик отечественных и зарубежных плазмотронов, а также уровней развития соответствующих сфер научных исследований позволяет сделать приведенные ниже выводы.

В настоящее время многими энергосистемами рассматривается возможность использования современных аккумуляторов для выравнивания нагрузки в мощных энергосистемах. В программе инновационного развития ОАО «ФСК ЕЭС» до 2016 года с перспективой до 2020 года предусмотрено проведение исследовательских работ по созданию таких установок. В аккумуляторных устройствах для выравнивания нагрузки в мощных энергосистемах предполагается использовать значительное число элементов с единичной энергоемкостью порядка 10-20 Ватт-часов. Срок службы аккумуляторных элементов не превышает трех лет, и они относительно дороги. Надежность аккумуляторных элементов не велика и имеются случаи их самовозгорания. Так 16 января 2013 года возгорание литий-ионных батарей системы электрооборудования стало причиной экстренной посадки лайнера фирмы Boeing в Японии.

Более удачным представляется использование в энергосистемах маховичных генераторов переменного тока совместно с полупроводниковыми преобразователями частоты. Такие установки надежнее, чем аккумуляторные, имеют меньшую стоимость и срок службы до 25 лет и более.

За рубежом в последние годы для предотвращения системных аварий и стабилизации напряжения и частоты в энергосистемах получают распространение маховичные генераторы переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. Так фирмой Beacon Power Corporation создана экспериментальная маховичная система мощностью 20 МВт с накопленной кинетической энергией 18 ГДж. Маховичная система состоит из 200 маховичных генераторов с максимальной рабочей частотой

вращения 16000 об/мин. Минимальная рабочая частота вращения маховиков 8000 об/мин. Маховики маховичных генераторов выполнены композитными из углеродного и стекловолокна. Двигатель-генераторы выполнены с возбуждением от постоянных магнитов. Каждый маховик, вместе с двигатель-генератором находится в индивидуальном вакуумированном кожухе. Маховичная система размещена в Стефентауне и подключена к энергосистеме Нью-Йорка. Подключение маховичных генераторов к энергосистеме осуществлено через полупроводниковые преобразователи, обеспечивающие работу в режиме компенсаторов реактивной мощности. Общая стоимость установки в Стефентауне составила 45 млн долл. или 2,5 долл. за 1 кДж накопленной кинетической энергии.

В настоящее время фирма Weacon Power Corporation построила в Hazle Township (Пенсильвания) вторую установку мощностью 20 МВт, состоящую из 200 маховичных генераторов. Стоимость установки 54 млн долларов. Установка подключена к линии 69 кВ местной энергосистемы.

В лаборатории Резерфорда М.П. Костенко и П.Л. Капицей еще в 1926 году был разработан, запатентован, изготовлен на заводе «Метрополитен-Виккерс» и испытан ударный синхронный генератор для питания соленоидов импульсами тока мощностью до 220 МВА. Генератор приводился во вращение двигателем мощностью 59 кВт и работал за счет кинетической энергии ротора.

В Санкт-Петербурге работы в области маховичных электромашинных накопителей энергии проводились с 1974 года во ВНИИЭлектромаш под руководством академика М.П.Костенко и после кончины академика М.П.Костенко под руководством академика И.А.Глебова.

В 1990 году, после организации на базе ВНИИЭлектромаш Института проблем электрофизики РАН (впоследствии переименованного в Институт электрофизики и электроэнергетики РАН), исследования маховичных электромашинных накопителей энергии были продолжены под руководством

академика Ф.Г.Рутберга. За время работы в области маховичных электромашинных накопителей энергии в ИЭЭ РАН были созданы методики проектирования этих накопителей энергии и методики расчета процессов в электрических системах с накопителями энергии. Были выработаны так же рекомендации по конструктивному выполнению электромашинных накопителей энергии. Был спроектирован и изготовлен на заводе «Большевик» крупнейший в мире маховик из титана с частотой вращения 6000 об/мин. Работа этого маховика была исследована на стенде в ИЭЭ РАН. Результаты исследований были рекомендованы для использования на перспективных кораблях Военно-Морского флота. В ИЭЭ РАН проводились так же теоретические и экспериментальные исследования маховиков из синтетических нитей.

В 1980 году под руководством ИЭЭ РАН на заводе “Электросила” был спроектирован маховичный агрегата типа ТКД-200 на мощность 242 МВА при энергоемкости 1000 МДж. Агрегат изготавливался серийно на заводе “Электросила” и использовался для питания экспериментальных физических установок. Агрегат состоял из турбогенератора, маховика в кожухе и разгонного асинхронного двигателя с фазным ротором. Ротор маховика этого агрегата был выполнен из поковки стали марки 35ХНЗМФА с размерами аналогичными размерам ротора турбогенератора мощностью 800 МВт, имел диаметр бочки ротора 1300 мм и массу 81 тонну. В 2012-2013 годах под руководством ИЭЭ РАН при участии ОАО «Силовые машины», ФГУП «Прометей» и НТЦ ФСК ЕС была выполнена по договору с ФСК ЕС научно-исследовательская работа «Оценка перспектив применения маховичных накопителей в Единой национальной энергетической системе (ЕНЭС) и выбор пилотного проекта». Была выполнена оценка перспектив применения электромашинно-полупроводниковых маховичных накопителей в ЕНЭС, был сделан выбор пилотного проекта и выбор принципиальной схемы и номинальных параметров электромашинно-полупроводниковых маховичных

накопителей энергии для обеспечения компенсации реактивной и активной мощности и повышения надежности и безаварийности энергосистем. ФСК ЕС обеспечило финансирование работы в объеме 25 млн. рублей.

ИЭЭ РАН получен ряд авторских свидетельств и патентов в области маховичных электрических генераторов, в том числе совместный с ФСК ЕС патент RU № 2515269 на устройство для быстродействующего выравнивания активной мощности энергосистемы с использованием маховичного электромашинного накопителя энергии.

Перспективным представляется и использование маховичных генераторов переменного тока совместно с полупроводниковыми преобразователями частоты для совместной работы с солнечными электростанциями и ветроэлектрогенераторами.

#### *Краткое обоснование теоретической новизны*

Известно, что удельная энергоемкость маховика пропорциональна допускаемой удельной механической нагрузке его материала.

ЦНИИ «Прометей» предложено изготавливать насадные наборные дисковые маховики, состоящим из ряда насаженных на вал стальных дисков диаметром до 2 метров, изготовленных из Cr-Ni-Mo-V стали. Такие диски имеют существенно более высокую допускаемую удельную механическую нагрузку. Это направление представляется новым, но требует исследования.

В последние годы намечается рост прочности и снижение стоимости выпускаемых промышленностью синтетических и угольных волокон. Наиболее прочным из известных материалов является алмаз. У алмаза предел прочности равен 98,6 ГПа и для идеального алмазного маховика удельная накопленная энергия будет 14,0 МДж/кг. Для сравнения, бензин имеет теплоту сгорания 42 МДж/кг, но преобразовать в механическую энергию можно только 15-20 МДж/кг этой энергии, причем 20 МДж/кг можно получить только на мощных парогазовых установках. Энергоемкость 14,0 МДж/кг может быть принята как предельно достижимая для маховика из

углеродного волокна. В настоящее время получены углеродные нити с пределом прочности 7,0 ГПа, что позволяет выполнить из них маховик с удельной энергоемкостью до 1,9 МДж/кг. Использование новых более прочных и дешевых волокон в электромашинно-полупроводниковых маховичных накопителях энергии позволит в перспективе создать новые экономичные накопители энергии как для энергосистем, так и для транспорта и авиации.

Энергоемкость маховика прямо пропорциональна квадрату его частоты вращения. Повышение частоты вращения маховичных накопителей энергии требует использования подшипников новой конструкции. Перспективным представляется исследование и разработка магнитных и электромагнитных подшипников для маховичных накопителей энергии.

#### *Обоснование предлагаемого решения задачи*

Предполагается продолжить исследование путей применения электромашинно-полупроводниковых маховичных накопителей энергии для обеспечения стабилизации работы высоковольтных электрических сетей ЕНЭС и компенсации реактивной и активной мощности в мощных энергосистемах. Предполагается провести разработку уточненных математических моделей накопителей и их систем регулирования для исследования их влияния на установившиеся и переходные режимы энергосистем и провести обоснование требований к параметрам и диапазонам регулирования накопителе и провести обоснование мест установки накопителей в энергосистемах.

Предполагается так же разработать технические предложения на электромашинно-полупроводниковые маховичные накопители энергии различной конструкции для обеспечения компенсации реактивной и активной мощности в мощных энергосистемах, в том числе маховичные накопители энергии с использованием новых углеродных и синтетических нитей и с использованием магнитных подшипников. На основе этих

технических предложений предполагается получить заказы от энергосистем на организацию выпуска электромашинно-полупроводниковых маховичных накопителей энергии и внедрить эти накопители в энергосистемах.

Предполагается исследовать вопросы использования маховичных генераторов переменного тока совместно с полупроводниковыми преобразователями частоты для совместной работы с солнечными электростанциями и ветроэлектрогенераторами. Предполагается исследовать вопросы применения маховичных накопителей энергии, выполненных из углеродного и синтетического волокна, в автомобилях, троллейбусах и в авиации для питания электродвигателей беспилотных летательных аппаратов.

#### *Основные этапы работы и планируемые результаты*

2018–2020 гг. Исследование, разработка и создание электромашинных маховичных накопителей энергии на основе стальных маховиков для применения в высоковольтных электрических сетях. Получение заказа от одной из энергосистем на организацию выпуска электромашинно-полупроводниковых маховичных накопителей энергии и внедрение опытного накопителя в энергосистему.

2021–2024 гг. Исследование, разработка и создание электромашинных маховичных накопителей энергии на основе углеродного волокна и/или новых пластмасс для применения в высоковольтных электрических сетях и в сетях с солнечными батареями и ветроэлектрогенераторами.

2025–2027 гг. Исследование, разработка и создание электромашинных маховичных накопителей энергии на основе углеродного волокна и/или новых пластмасс для применения в электромоблях.

2028–2030 гг. Исследование, разработка и создание электромашинных маховичных накопителей энергии на основе углеродного волокна и/или новых пластмасс для применения в авиации.

*Практическая значимость планируемых результатов, возможные области применения*

Использование результатов работы в электроэнергетике позволит повысить качество электроэнергии, снизить потери в электрических сетях и предотвратить системные аварии типа аварии 2005 года в энергосистеме Москвы.

Использование результатов работы в электромоблях позволит создать экономичные и надежные легковые автомобили и автобусы с маховичными накопителями энергии.

Использование результатов работы в авиации позволит создать экономичные и надежные беспилотные летательные аппараты с маховичными накопителями энергии.

*Обоснование финансирования*

Предполагается получение ежегодного финансирования в объеме 10 миллионов рублей в год. На изготовление экспериментальных образцов может потребоваться дополнительное финансирование, которое может быть получено от заинтересованных организаций.

*Обоснование привлечения организации-исполнителя*

Основным исполнителем может быть определен Института электрофизики и электроэнергетики РАН. Для разработки проектной документации и изготовления опытных образцов предполагается привлечь завод «Электросила» ОАО «Силовые машины». Завод «Электросила» ОАО «Силовые машины» является ведущим электромашиностроительным предприятием России со столетней историей. Для разработки конструкции маховиков предполагается привлечь ФГУП «Прометей». ФГУП «Прометей» является ведущим предприятием России в области прочности материалов. Для обоснования мест установки накопителей в энергосистеме предполагается привлечь ОАО «НТЦ ЕЭС». ОАО «НТЦ ЕЭС» является ведущим предприятием Единой энергосистемы России в области расчета и

исследования режимов и процессов в ЕЭС. ИЭЭ РАН имеет многолетний опыт совместной работы со всеми перечисленными организациями.

Апробация в 2017 году предложений по описанным выше, а также по отдельным из ранее выявленных перспективных направлений фундаментальных исследований в сфере энергетики происходила в рамках V Российского международного энергетического форума (Санкт-Петербург, 25 апреля), Юбилейной конференции Национального комитета РАН по тепло- и массообмену «Фундаментальные и прикладные проблемы тепло-массообмена» (Санкт-Петербург, 25 мая), X Петербургского Международного Инновационного Форума (Санкт-Петербург, 20-22 сентября), XV профессиональной конференции «Новая Россия. Новая энергетика» (Сочи, 27-29 сентября), Международной конференции «Современные проблемы теплофизики и энергетики» (Москва, 9-11 октября), II Международной научно-технической конференции «Перспективы развития новых технологий в энергетике России» (Москва, 26-27 октября).

Кроме того, по теме исследования при участии научных сотрудников Санкт-Петербургского научного центра РАН опубликована статья: Раков Г.Л., Рассохин В.А., Забелин Н.А., Оленников С.Ю., Себелев А.А., Суханов А.И., Счисляев С.М. «Малорасходная осевая турбина турбогенератора для утилизации энергии сжатого природного газа газотранспортной системы России» (A Low Emission Axial-Flow Turbine for the Utilization of Compressible Natural Gas Energy in the Gas Transport System of Russia) // International Journal of Environmental and Science Education – IJESE, Volume 11 Issue 18 (2016).

## 1.2 Перспективные направления развития в Санкт-Петербурге фундаментальных исследований в области биологических и медицинских наук

В 2017 году перечень наиболее перспективных направлений фундаментальных исследований в сфере биологии и медицины, представленных в отчете за 2016 год, осуществляемых в научных организациях Санкт-Петербурга и соответствующих мировым трендам развития науки, существенно расширился. В соответствии с положениями Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, отраслевыми и региональными стратегиями, а также на основании последних научных достижений ученых Петербурга, в 2017 году пополнился перечень исследований в направлении «Молекулярная медицина, Онкология, Иммунология», кроме того подготовлены и обоснованы 2 новых направления фундаментальных исследований в сфере медицины, которые могут быть реализованы на базе научных организаций Санкт-Петербурга:

- «Разработка технологий и создание клеточного продукта для регенеративной, персонализированной и иммунной терапии;
- «Психические заболевания и антипсихотическая терапия»

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.

Ниже приведена краткая информация, содержащая обоснование актуальности исследований по каждому из указанных направлений,

теоретической новизны, которая может быть обеспечена для достижения целей исследований, описание ожидаемых результатов.

В настоящее время, как в нашей стране, так и за рубежом, в странах, лидирующих в области физиологии, молекулярной биологии, биохимии, 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, а также при выполнении программ импортозамещения медицинских технологий, фармакологических препаратов и оборудования медицинского назначения.

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.

Все вышеизложенное свидетельствует о необходимости комплексного междисциплинарного подхода в лечении социально-значимых заболеваний. Уникальный опыт заявителя проекта Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова Российской академии наук «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», в проведении онтогенетических исследований позволит решить фундаментальную задачу, в рамках которой предлагается выяснить, какие молекулярные нарушения, возникающие в организме матери и плода и у новорожденных, и каким образом они влияют на развитие заболеваний нервной, эндокринной и сердечно-сосудистой систем и метаболических расстройств во взрослом состоянии, и соответственно какие подходы должны быть разработаны для их предотвращения. Важно выяснить, какую роль в этиологии и патогенезе этих заболеваний играют (1) транзиторные изменения в молекулярных ансамблях клетки в эмбриональный, неонатальный и постнатальный периоды развития, (2) изменения активности сигнальных систем и их компонентов, а также (3) молекулярных систем, вовлеченных в регуляцию антиоксидантных, воспалительных и апоптотических процессы в организме матери и плода.

Для расшифровки молекулярных механизмов, лежащих в основе развития социально значимых заболеваний нервной, эндокринной и сердечно-сосудистой систем, требуется междисциплинарный подход, сочетающий в себе методы и идеологию физиологии, молекулярной и экспериментальной медицины, биохимии, молекулярной биологии, биоинформатики. Исследования будут проводиться на молекулярном, надмолекулярном, клеточном, тканевом и организменном уровнях, что позволит выявить ключевые нарушения, влияющие на функционирование всей системы взаимосвязей от молекулы до функциональной системы организма. При этом, как отмечалось выше, будут изучаться различные стадии развития организма, включая эмбриональный период. Для этого необходимо объединение усилий специалистов, работающих в различных областях физиологии, биохимии, молекулярной и экспериментальной медицины, а также на стыке этих наук.

В рамках предлагаемого проекта предлагается:

- изучить функциональное состояние гормональных и нейромедиаторных сигнальных систем мозга и периферических органов и тканей у животных с различными экспериментальными моделями сахарного диабета 1-го и 2-го типов, нейродегенеративных заболеваний (болезни Альцгеймера и Паркинсона), сердечно-сосудистых заболеваний, эндокринной патологии (заболевания щитовидной железы и репродуктивной системы), психических заболеваний (эпилепсия, депрессивные состояния), хронического алкоголизма;

- исследовать молекулярные механизмы функционального взаимодействия между ЦНС и периферией в условиях этих заболеваний, а также установить те молекулярные дефекты, которые нарушают такое взаимодействие и вовлечены в этиологию и патогенез этих заболеваний;

- с помощью интегративного междисциплинарного подхода, включающего методы физиологии, биохимии, молекулярной медицины и фармакологии, разработать инновационные подходы для лечения сахарного диабета 1-го и 2-го типов, болезней Альцгеймера и Паркинсона, психических заболеваний и хронического алкоголизма, заболеваний сердечно-сосудистой системы, щитовидной железы и репродуктивной системы на основе восстановления функциональной активности нейромедиаторных и гормональных сигнальных систем мозга, взаимодействия между ними и их регуляторных влияний на периферические органы и ткани;

- исследовать молекулярные нарушения в гормональных сигнальных системах в периферических органах и тканях (печень, мышцы, железы внутренней секреции и др.) в условиях исследуемых заболеваний и их осложнений и оценить, как восстановление этих систем влияет на метаболические и гормональные показатели, а также на интерфейс мозг-периферия и функциональную активность ЦНС;

- определить значимые взаимосвязи между нарушениями, возникающими в молекулярных системах клетки, контролирующей сигнальную трансдукцию, окислительно-восстановительный баланс, биоэнергетику, апоптоз и воспалительные процессы, и разработать алгоритмы для восстановления как отдельных молекулярных дефектов, так и многокомпонентных молекулярных ансамблей, обеспечивающих интеграцию и эффективное взаимодействие между различными молекулярными системами и, в конечном итоге, определяющих нормальное протекание физиологических и биохимических процессов в организме и взаимодействие между системами органов и тканей на организменном уровне;

- изучить взаимосвязи между патологическими изменениями, возникающими во взрослом возрасте, и теми молекулярными нарушениями, которые выявлялись у экспериментальных животных в эмбриональный период и на стадии неонатального и постнатального развития. Для этого смоделировать молекулярные нарушения в организме при беременности, а также индуцировать нарушения в отдельных молекулярных структурах клетки у плода и в неонатальный и ранний постнатальный периоды, и исследовать в онтогенезе функции ЦНС и периферических органов и тканей с целью выявления динамики развития патологических изменений в них;

- предложить подходы, которые позволяют восстановить молекулярные нарушения на ранних стадиях онтогенеза, предотвратив, таким образом, развитие заболеваний во взрослом возрасте своевременной коррекцией таких нарушений.

*Ожидаемые результаты:*

На основе проведенных в рамках выполнения проекта исследований:

- Планируется выявить и изучить нарушения в гормональных и нейромедиаторных сигнальных системах в ЦНС и на периферии у животных с экспериментальными моделями сахарного диабета, нейродегенеративных заболеваний (болезни Альцгеймера и Паркинсона), сердечно-сосудистых

заболеваний, эндокринных заболеваний (патология тиреоидной и репродуктивной систем), психических заболеваний и хронического алкоголизма, а также установить молекулярные дефекты, которые нарушают функциональное взаимодействие между ЦНС и периферией в условиях этих заболеваний и играют важную роль в их этиологии и патогенезе.

- При этом предполагается, что будут определены те сигнальные системы и их молекулярные блоки, которые обеспечивают функционирование интерфейсов между ЦНС и периферией и подвергаются наиболее выраженным изменениям в процессе развития патологических состояний.

- Планируется установить, что среди них исключительно важную роль играют нейромедиаторные и гормональные сигнальные системы, обеспечивающие функционирование нейроэндокринной системы, которые и должны в связи с этим рассматриваться, как основные мишени для лечения и профилактики заболеваний ЦНС и других систем организма.

- Будут выявлены наиболее значимые молекулярные нарушения в гормональных сигнальных системах в печени, мышцах, щитовидной железе, репродуктивной системе и других периферических органах и тканях, которые возникают в условиях исследуемых заболеваний, оценена динамика их развития на различных стадиях этих заболеваний и их роль в развитии осложнений.

- На основе использования подходов, направленных на восстановление функциональной активности этих систем, будет показано, как нормализация их функций будет влиять на метаболические и гормональные показатели у экспериментальных животных с моделями нейродегенеративных, нервно-психических, эндокринных и сердечно-сосудистых заболеваний, а также на функционирование гипоталамуса и других структур, осуществляющих взаимодействие между ЦНС и периферией, и как восстановление функций

сигнальных систем на периферии будет влиять на интегративную сеть сигнальных систем мозга и на функционирование ЦНС.

- Наряду с изменениями в сигнальных системах, предполагается выявить молекулярные нарушения в системах, ответственных за контроль окислительно-восстановительного баланса, регулирующих метаболические и гормональные показатели, биоэнергетику, энергетический обмен, воспалительные и апоптотические процессы в ЦНС и на периферии у животных с экспериментальными моделями заболеваний.

На основании всего комплекса проведенных исследований будут определены наиболее значимые функциональные взаимосвязи между нарушениями, возникающими в молекулярных системах клетки, контролирующей сигнальную трансдукцию, окислительно-восстановительный баланс, биоэнергетику, апоптоз и воспалительные процессы, и разработаны алгоритмы для восстановления молекулярных дефектов, возникающих как в отдельных молекулярных блоках, так и в интегративных системах, объединяющих многокомпонентные молекулярные ансамбли и надмолекулярные и клеточные структуры, которые отвечают за нормальное протекание физиологических и биохимических процессов в организме и взаимодействие между органами и тканями.

Планируется выявить функциональные взаимосвязи между патологическими изменениями во взрослом возрасте, и нарушениями активности сигнальных систем, метаболических и гормональных показателей, воспалительных и апоптотических процессов у матери и плода, индуцированными с помощью различных воздействий на экспериментальных животных в эмбриональный, неонатальный и ранний постнатальный периоды развития. Для этого будут разработаны уникальные модели сахарного диабета, психических и нейродегенеративных заболеваний, заболеваний эндокринной системы, основанные на использовании химических, фармакологических, физических (гипоксия) и

других факторов на ранних стадиях онтогенеза. Предполагается предложить комплексные подходы, которые позволят восстановить молекулярные нарушения на ранних стадиях онтогенеза и предотвратить развитие патологии во взрослом возрасте.

Высокий уровень планируемых исследований и масштабность задач проекта предполагает привлечение для выполнения исследований ведущие академические институты – Институт физиологии им. академика И.П. Павлова и Институт цитологии Российской академии наук, ведущее научное учреждение Санкт-Петербурга – ФГБУ СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова Минздрава России, а также ведущие вузы – Санкт-Петербургский государственный университет и Санкт-Петербургский государственный политехнический университет.

Далее нами приводится обоснование ряда перспективных исследований, выполняемых сотрудниками Федерального государственного бюджетного учреждения «Российского научного центра радиологии и хирургических технологий» им. академика А.М. Гранова МЗ РФ.

Несмотря на активное развитие методов диагностики, основанных на рентгенологической и магнитно-резонансной визуализации органов и тканей, совершенствования методов неинвазивного и лекарственного лечения болезней различной этиологии, крайне часто хирургический метод сохраняет свою высокую значимость и преимущества с точки зрения отдаленных результатов. Однако в условиях реального хирургического вмешательства высокого контраста между патологическими и нормальными участками изучаемых тканей можно добиться лишь при наличии новых перспективных методических подходов, позволяющих диагностировать расположение опухоли и визуализацию очага растущей опухоли. Так решение задач, поставленных сотрудниками гибридной технологии «РНЦРХТ» им. академика А.М. Гранова МЗ РФ в проекте «Разработка на основе моноклональных антител против эндоглина (CD105) препаратов для

визуализации сосудистой сети солидных новообразований методами иммуносцинтиграфии и иммуно-ПЭТ», может обеспечить более раннюю диагностику, более обоснованную оценку прогноза, более точное планирование и контроль эффективности лечения солидных опухолей человека.

Использование антител против маркеров злокачественных клеток для диагностики и терапии карцином и других солидных опухолей недостаточно эффективно, т.к. выход макромолекул за пределы сосудистого русла и их распределение в ткани опухоли ограничены рядом факторов. Преодолеть эти ограничения позволяет подход, основанный на применении антител, распознающих не сами злокачественные клетки, а элементы сосудистой сети опухолей. Рост и метастазирование большинства солидных неоплазий критически зависят от развития новых кровеносных сосудов (ангиогенеза). Без активного ангиогенеза рост опухолей размером более нескольких миллиметров невозможен.

В течение последних лет опубликованы данные, указывающие на высокую эффективность методов иммуносцинтиграфии и иммуно-ПЭТ, основанных на применении моноклональных антител (МКАТ) против антигенов сосудистого эндотелия для локализации и оценки размеров очагов роста опухолей. К числу таких препаратов относят меченные изотопами МКАТ против фактора роста сосудистого эндотелия (VEGF) или против его рецептора (VEGF-R).

Наряду с указанными, перспективным маркером сосудистого эндотелия является эндоглин (CD105), специфический мембранный гликопротеин, участвующий в регуляции размножения, дифференцировки и миграции клеток эндотелия. Преимущества эндоглина обусловлены тем, что он экспрессирован более всего на мембранах клеток эндотелия растущих опухолей, локализован на поверхности клеток, обращенной в просвет сосуда, и потому более доступен для распознавания антителами, а также тем, что

плотность эндоглина на мембране достигает 3 млн копий на клетку, что на порядок выше, чем экспрессия рецепторов VEGF.

В зарубежных лабораториях (США, Канада, Китай) в настоящее время проводится изучение диагностических возможностей препарата на основе МКАТ против эндоглина человека (TRC-105), разработанного фирмой TRACON.

В лаборатории гибридной технологии РНЦ РХТ создана первая в стране уникальная панель МКАТ против эндоглина. В ходе исследования, проведенного в 2015-2017 гг получены доказательства специфичности созданных антител и показано, что на их основе могут быть разработаны реагенты, распознающие клетки эндотелия опухолей.

Опыт применения меченных изотопами МКАТ показал, что введенные в организм целостные молекулы антител относительно равномерно распределяются в сосудистом русле и создают высокий уровень фонового сигнала, препятствующего выявлению очага преимущественного накопления метки. Снижение фонового сигнала происходит в течение 2-3 суток, что сравнимо со сроками распада ряда радиоактивных меток. Кроме того, это вынуждает разделять во времени процедуры введения изотопной метки и регистрации ее распределения в организме. Для устранения этого недостатка вместо целостных молекул антител используют их антиген-распознающие фрагменты (Fab-фрагменты), которые по молекулярной массе втрое меньше целостных молекул и лишены константной области (Fc-области), определяющей длительное существование молекул в циркуляции.

Задачи планируемого исследования:

- 1) Разработка технологии приготовления и очистки Fab-фрагментов МКАТ против эндоглина методом ограниченного протеолиза и отбор вариантов, обеспечивающих наибольший выход продукта при сохранении антиген-связывающей активности. Планируется провести испытания не менее чем

10 препаратов Fab-фрагментов и отобрать среди них образцы с оптимальным сочетанием свойств.

- 2) Разработка технологии присоединения к Fab-фрагментам МКАТ изотопных меток, обеспечивающих проведение диагностических исследований методами иммуно-ПЭТ и иммуносцинтиграфии. Для меченя будут использоваться препараты иода или хелатирующие соединения, обеспечивающие присоединение к белку металлических ионов. Для выполнения этой задачи требуется получить и испытать меченные изотопами Fab-фрагменты, которые не создают высокого фонового сигнала, препятствующего визуализации очага роста опухоли.
- 3) Разработка экспериментальной модели для исследований биораспределения меченных изотопами препаратов и визуализации очага растущей опухоли.
- 4) Для решения этой задачи требуется создать методами генной инженерии стабильную линию клеток лабораторных мышей, экспрессирующую ген эндоглина человека. Клетки этой линии при прививке мышам будут формировать очаг роста, содержащий эндоглин человека и связывающий меченные антитела и их антиген-распознающие фрагменты.
- 5) Исследование закономерностей биораспределения препаратов, меченных различными изотопами (изотопы иода – для иммуносцинтиграфии, изотопы меди или других металлов - для иммуно-ПЭТ) и определение оптимальных режимов их приготовления и применения.

Решение поставленных задач 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.

Существующие тенденции в эпидемиологии злокачественных новообразований (ЗНО) все еще настоятельно требуют новых организационных подходов в практической онкологии. Несмотря на возросшие возможности активного выявления ранних стадий ЗНО, остаются высокими показатели удельного веса в структуре заболеваемости III и IV стадий этих заболеваний среди впервые выявляемых больных.

Статистические показатели по почечноклеточному раку (ПКР) выглядят следующим образом: заболеваемость, смертность, контингенты больных, структура заболеваемости по стадиям, выживаемость больных в зависимости от характера проведенного лечения и другие разнородные, неполные, и поэтому трудно сопоставимы. Особенно это касается метастатических форм ПКР. Лечение метастазировавших форм ПКР сопряжены с большими трудностями и реальная помощь таким больным зависит от многих причин. Любые попытки увеличения эффективности лечения онкобольных особенно на поздних стадиях заболевания являются необходимыми и важными. Как известно, методы лечения таких больных делятся на 2 группы: локального воздействия и системной терапии. Локальное воздействие на первичный опухолевой очаг при IV стадии ПКР улучшает отдаленные результаты лечения. Одним из прогрессивных и широко исследуемых методов нехирургического лечения в настоящее время является метод рентгеноэндоваскулярной окклюзии сосудов опухоли (РЭО) совместно с последующей гипертермией опухоли с помощью электромагнитных полей и магнитных частиц. Данное направление исследований по лечению опухолей почки методами РЭО и гипертермии проводилось в ФГБУ «РНЦХТ» с 1998 г.

В проекте сотрудников РНЦХТ им. академика А.М. Гранова «Разработка и исследование нового лекарственного препарата, содержащего

наноразмерные магнитные частицы для лечения злокачественных опухолей методами рентгеноэндоваскулярной окклюзии сосудов опухолей и высокоэффективной гипертермии» поставлена задача 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.

Разработан эффективный эмболизирующий материал «Феррокомпозит» для эмболизации артериальных сосудов и гипертермии, разработаны методики РЭО и гипертермии. Проведены исследования в экспериментах и с разрешения Минздравнадзора в клинике на возможность проведения локальной интракорпоральной деструкции опухоли почки с использованием РЭО и глубокой высокочастотной гипертермии опухоли IV стадии. Исследования продолжаются в направлении разработки новых более эффективных наночастиц для проведения гипертермии, эффективность которых обусловлена способностью быстро нагреваться в переменных магнитных полях, за доли секунд, что улучшает условия гипертермии. Эти результаты позволили определить пути для разработки нового препарата для эмболизации и гипертермии глубокорасположенных опухолей в организме больного, более эффективного поскольку позволит быстро нагреть опухолевую ткань до температуры  $\sim 45^{\circ}\text{C}$  и вызвать коагуляционный некроз опухолевой ткани. Актуальность данного направления исследований по разработке метода лечения опухолей паренхиматозных органов до сих пор не снизилась, о чем говорят многочисленные публикации в зарубежной литературе.

### *Обоснование предлагаемого решения задачи*

В настоящее время для лечения опухолей паренхиматозных органов широко используются методы рентгеноэндоваскулярных вмешательств, включающих в себя методы эмболизации кровеносных сосудов опухолей с целью остановки кровотока в них и некроза опухолевых тканей. Однако добиться полного излечения опухолей не удастся. Требуются новые дополнительные практики особенно в структуре заболеваемости III и IV стадиями заболеваний впервые выявляемых больных. Необходимо создать эмболизирующий препарат с дистально-проксимальным внедрением его в сосуды опухолей, обеспечивающий полную окклюзию всего артериального русла и сосудов опухолевого узла, способного поглощать энергию переменного магнитного поля низких частот и амплитуд за счет наличия в его составе магнитных частиц и нагреваться за доли секунды до температуры  $\sim 45^{\circ}\text{C}$  и передавать тепло опухолевой ткани с целью ее некроза. Использование данного метода в лечении опухолей позволяет выключить кровоток в сосудах опухоли, сформировать с равномерно распределенным в органе препаратом гипоксические зоны, в которых клетки опухолевых тканей будут находиться в условиях метаболического закисления (в кислой среде), где клетки будут более чувствительными к нагреванию. Предлагаемый к разработке метод лечения опухолей позволит реализовать нагрев опухолей, глубоко расположенных в организме больного и вызвать разрушения как эпителиальных, так и стромальных структур опухоли.

Основные этапы работы:

- 1) Создать композиционный препарат с наночастицами магнетита на основе кремнийорганических полимеров, способных в течение 20 минут (время введения препарата в сосуды опухоли) обеспечить высокую текучесть препарата по катетерам и сосудам опухоли, чтобы равномерно проксимально-дистально распределить препарат по сосудистой системе, после чего быстро превратиться в гель и остановить кровоток в сосудах.

Данное качество препарата обеспечивается определённой исходной вязкостью кремнийорганических полимеров и наличием в составе композиции катализатора, который создает в композиции индукционный период (когда исходная вязкость полимеров остается в течение 20 мин практически постоянной) по истечении 20 мин вязкость композиции резко увеличивается, и композиция превращается в гель, останавливая кровоток.

2) Провести исследование токсичности, безопасности композиции на модели рака почки в эксперименте с определением максимальных доз препарата.

3) Провести все требуемые по GLP доклинические испытания препарата в эксперименте.

4) Разработать технические требования к качеству препарата.

5) Исследовать стабильность препарата при хранении в течение 2-х лет.

6) Разработать ТУ на препарат.

7) Разработать опытно-производственный регламент на производство препарата.

8) Согласовать в соответствующем органе техническое название препарата – Наноэмбосил.

9) Разработать фармакопейную статью предприятия.

10) Создать опытно-производственную установку, генерирующую переменное магнитное поле следующих характеристик:

Частота  $0,05 < f < 1,5$  МГц

Амплитуда  $H < 15$  кА\*М<sup>-1</sup> (по требованиям использования в медицине)

11) Провести испытания гипертермии в эксперименте на модели рака почки с введённым в сосуды опухоли препаратом.

12) Создать «чистые помещения» по требованию GMP для наработки опытных партий препарата.

13) Сформировать досье документов для подачи в Росздравнадзор.

14) Получить разрешение на проведение клинических испытаний препарата.

15) Провести клинические испытания препарата в условиях рентгеноэндоваскулярной окклюзии сосудистой системы рака почки.

16) Провести клинические испытания препарата в условиях гипертермии, вызываемой облучением переменным магнитным полем.

17) Получить регистрационное удостоверение на препарат.

18) Заказать промышленный генератор переменного магнитного поля для облучения больного раком почки.

19) Создать производство препарата и метода лечения больных с онкологическими заболеваниями паренхиматозных органов.

Научным руководителем данного проекта являлся академик А.М. Гранов.

В следующем проекте, предлагаемом сотрудниками института «РНЦРХТ» им. А.М. Гранова МЗ РФ и Центра по лучевой терапии «Разработка предсказательного маркера эффективности лучевой и химиолучевой терапии больных злокачественными новообразованиями» планируются перспективные исследования по выявлению возможных взаимосвязей между результатами применения модификаторов величины предсказательного биохимического показателя и результатами лечения онкологических больных. В этом проекте предполагается решение крупной научной проблемы – персонализации успешного применения лучевой (ЛТ) и химиолучевой терапии (ХЛТ), включающие использование радиационного фактора в качестве лечебного. Это имеет важное значение для развития здравоохранения, так как позволит выявить пациентов, кому ЛТ действительно необходима, и тех, кто может воздержаться от неё в пользу проведения другой схемы лечения до её начала. Планируемое исследование в связи с предикцией эффективности ЛТ соответствует современному состоянию мировой медицинской науки, так как эта проблема решается и за

рубежом (например, в Онкологическом центре и исследовательском институте им. Х.Л. Моффита, США). По мнению ведущих специалистов в сфере персонализированной медицины этого центра, «показатель радиочувствительности или другой тест, который позволит предсказать ответ на ЛТ, произведёт переворот в практике радиационной онкологии». Проблема использования в качестве материала для анализа жидкостной биопсии с предсказательной целью в настоящее время также изучается как у нас в стране (Онкологический центр им. Н.Н.Блохина, Москва), так и в других странах (Институт опухолевой биологии, Гамбург). В целом ряде зарубежных институтов пытаются осуществить предикцию эффективности схемы терапии на основании анализа циркулирующей ДНК, но в случае больных с глиомами полученные данные пока неоднозначны (например, университетская школа медицины в Сеуле).

В результате проведения экспериментальных и клинических исследований могут быть получены новые прорывные данные, позволяющие создать роботизированную аналитическую предиктивную систему, соответствующую мировому уровню. В настоящее время подобные работы ведутся фирмой «Шимадзу» (Япония) для определения некоторых биохимических показателей человека. Такой подход может быть широко востребован в мировой практике, так как позволит определять искомый показатель практически круглосуточно (в течение 3 смен).

*Обоснование предлагаемого решения задач:*

Одним из ведущих путей лечения больных солидным злокачественными новообразованиями - до 60% является лучевая терапия, но её эффективность часто ограничена гетерогенностью радиорезистентности солидных опухолей и отсутствием показателей для таргетного применения такой схемы лечения. Если нет реакции на ЛТ, то схему лечения следует сменить на другую, более эффективную, тем самым выигрывается драгоценное время на лечение онкологического больного и экономятся

средства, которые были бы затрачены на оплату ненужного больному и часто дорогостоящего лечения.

Возможным подходом в решении одной из актуальных современных задач персонализированного лечения в онкологии является своевременный и оперативный отбор больных для известных схем эффективной терапии, в том числе и для ЛТ. Согласно наших собственных данных и результатов зарубежных исследователей лишь около 26-30% обследованных онкологических больных могут быть отнесены к радиочувствительным, для которых ЛТ может быть успешной. Исходя из такой постановки проблемы, представлялось перспективным определить предсказательные показатели эффективности стандартного режима ЛТ для конкретного пациента, чтобы создать научно-обоснованный план индивидуально планируемой схемы лечения. Такая постановка задачи не противоречит существованию известных предиктивных показателей и вместе с тем расширяет пути поиска новых.

Вместе с тем, различия предсказательных показателей эффективности лечения обусловлены не только известной биологической гетерогенностью клеток опухоли, но и тем, что их микроокружение в организме отвечают по-разному на подведённую терапию в отношении лечебного эффекта. Наряду с этим, некоторые из имеющихся на сегодняшний день подходов (в том числе основанные на анализе профиля экспрессии генов опухоли, кондиционировании стволовых клеток) достаточно трудоемки и длительны. Кроме того, радиочувствительность и химиорезистентность способны изменяться в процессе лечения, а результаты взаимодействия ЛТ и ХТ могут оказаться непредсказуемыми, что не позволяет сделать адекватного предсказательного заключения. В связи с этим, для более успешного практического использования ХЛТ в клинике представляется целесообразным разработать неинвазивный показатель уровня радиочувствительности ДНК в крови больного.

Использование результатов молекулярно-генетических исследований при разработке и поиске новых предикторных маркеров открывает новые возможности в персонализации лечения больных. Была разработана технология оперативного и экономичного определения предиктивного показателя эффективности ЛТ онкологических больных, основанного на оценке уровня радиочувствительности ДНК нуклеотидов крови. Это обстоятельство принципиально изменило возможности использования предсказательного анализа в процессе лечения. Согласно полученным данным, вариации показателя радиочувствительности ДНК нуклеотидов крови - S-индекса взаимосвязаны с колебаниями числа дицентриков и кольцевых хромосом лимфоцитов, но его определение менее трудоёмко и осуществляется гораздо быстрее (в течение 4 ч) и проще, цитогенетического, что позволяет успешно применить его в клинике.

*Практическая значимость* предлагаемых исследований – отбор онкологических больных индивидуально адекватных планируемому для использования стандартным схемам ХЛТ, повышение эффективности лечения. Автоматизация определения предсказательного показателя.

*Возможные области применения* – Лечение онкологических больных солидными и системными злокачественными заболеваниями.

Основной задачей темы «Радиационный гормезис. Обоснование нового механизма и практические следствия», выполняемой сотрудниками лаборатории повышения эффективности лучевой терапии, ФГБУ «РНЦРХТ» им. А.М. Гранова МЗ РФ и Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены им. профессора П. В. Рамзаева, является разработка новой теории гормезиса, которая 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.

В настоящее время на этапе развития радиобиологии доминирует концепция беспорогового негативного действия радиации на млекопитающих, положенная в основу современного гигиенического нормирования пределов облучения человека. Итоги многолетних наблюдений за здоровьем контингентов, облучаемых в дозах, превышающих предельно допустимые при техногенных авариях, атомных бомбардировках и при проживании на территориях с повышенным уровнем естественной радиации только теперь дают все больше доказательств неоправданного снижения предельно допустимых величин радиационных нагрузок, произведенного вскоре после применения ядерного оружия в Японии. В этой связи большее значение приобретает поиск ранее неучтенных факторов, влиявших на результаты.

Недавно обнаруженное свойство стволовых гемопоэтических клеток (СГК) участвовать в пролиферации (обновлении) клеточного состава различных органов и тканей является основным таким фактором. Сравнительная оценка эффектов гормезиса у субъектов с различной пролиферативной активностью как нормальных, так и злокачественных тканей при терапевтическом или пожизненном воздействии внешнего гамма-облучения с различными мощностями доз в сочетании с лабораторным мониторингом пролиферативных потенциалов стволового гемопоэтического пула и пула более зрелых клеток с морфообразующими/ангиогенными свойствами позволит модифицировать существующую теоретическую версию гормезиса, состоящую в радиационной *стимуляции* иммунитета и входящую в противоречие с общепринятой моделью *линейного* (беспорогового) биологического действия радиации. Таким образом, интеграция новых знаний о функциях СГК в спорную теорию гормезиса является основной задачей темы.

Практическая значимость исследования велика, так как коснется пересмотра радиобиологических и токсикологических основ формирования лечебного применения радиации и химиопрепаратов, обоснования новых схем лечения с использованием сниженных доз цитотоксических агентов в онкологии, и коррекции нормативных величин в области радиационной гигиены.

В программу добавлено новое направление «Разработка технологий и создание клеточного продукта для регенеративной, персонализированной и иммунной терапии».

Актуальность направления связана прежде всего с заболеваемостью и смертностью от сепсиса. По данным Всемирной организации здравоохранения общая заболеваемость сепсисом в мире составляет 18-20 млн. случаев, а около 4-6 миллионов человек ежегодно погибает – как следствие, на сегодня сепсис является основной причиной смертности взрослого населения. Наиболее остро проблема септических осложнений связана с развитием обширных ожоговых и комбинированных механо-ожоговых поражений, которые характеризуются исключительной тяжестью самой первичной травмы и соответствующими показателями летальности, инвалидизации, финансовыми затратами на курацию пострадавших и реконвалесцентов. Сепсис осложняет течение ожоговой болезни у 49-73% тяжелообожженных, а как известно ранения, ожоги и другие повреждения поверхностных тканей остаются одной из основных проблем, как военной медицины, так и гражданского здравоохранения.

С начала XXI века в медицине, в том числе и военной, проблеме совершенствования терапии сепсиса уделяется особое внимание. Число больных с септическими осложнениями течения травматических поражений различной этиологии непрерывно растет. Данное обстоятельство также связано с рядом биологических причин: увеличение контингента с

различными формами иммунной недостаточности, трансформация микроорганизмов с повышением их резистентности к антибиотикам.

С 2002 г. развернута международная компания, направленная на уменьшение уровня смертности в течение последующих пяти лет больных сепсисом на 25% . Однако динамика эффективности терапии сепсиса за последующий период оказалась намного ниже прогнозируемой. Данное обстоятельство послужило стимулом к изменению вектора исследований – от оптимизации протоколов терапии к углублённой разработке современных концепций патогенеза сепсиса, и на их основе – осуществление поиска и внедрение новых методов диагностики и современных средств патогенетической терапии, в том числе препаратов ингибиторов апоптоза.

Современные достижения в области клеточных и молекулярных технологий выводят на новый уровень технологии регенеративной терапии. Разрабатываемые на основе различных стволовых клеток клеточные продукты демонстрируют обнадеживающие результаты при лечении ран, ожогов и других повреждений поверхностных тканей.

В то же время лечение ран требует не только стимуляции регенеративных процессов, но и воздействие на иммунную систему. Последнее особенно актуально в связи с глобальным ростом числа антибиотикорезистентных микроорганизмов.

Действительно, становление и развитие сепсиса изначально характеризуется развитием генерализованных воспалительных процессов, которые обусловлены нарушениями иммунологической реактивности на различных уровнях – от молекулярного, когда патоген распознающие рецепторы клеток врожденного иммунитета активируются патогенным фактором, до системного – развитие комплекса системных воспалительных процессов.

Известно, что регенеративные возможности и иммунокомпетентность тканей, связанные с ними сроки заживления ран и риски инфекционных

осложнений, определяются генетическим аппаратом организма. Поэтому в серии исследований, выполняемых в ВМА им. С.М. Кирова, ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова предлагаются уникальные подходы, предполагающие разработку клеточного продукта, позволяющего персонифицировать терапию ран на основе геномных и иммунологических данных. (Проект сотрудников ВМА им. С.М. Кирова «Разработка технологий получения и создание клеточного продукта для регенеративной и иммунной терапии ран»).

В следующем проекте ВМА им. С.М. Кирова «Разработка и клиническая апробация мультипараметрической панели иммунодиагностики сепсиса при обширных ожогах и комбинированных механо-ожоговых поражениях» предлагается подход, который основан на взаимосвязи ключевых звеньев раннего патогенеза сепсиса с первичными клинически диагностируемыми проявлениями ведущего синдрома сепсиса – синдрома системной воспалительной реакции как предшественника, катализатора и неотъемлемой компоненты развития SOFA. Действительно, становление и развитие сепсиса, изначально характеризуется развитием генерализованных воспалительных процессов, которые обусловлены нарушениями иммунологической реактивности на различных уровнях – от молекулярного, когда патогенраспознающие рецепторы клеток врожденного иммунитета активируются патогенным фактором, до системного – развитие комплекса системных воспалительных процессов.

По результатам НИР будут разработаны клиничко-патогенетические и иммунобиологические критерии для совершенствования ранней диагностики и прогноза развития генерализованных инфекционных осложнений при обширных ожогах и комбинированных ожоговых поражениях. Полученные в ходе выполнения НИР результаты позволят выделять группу максимального риска развития осложнений с применением опережающей лечебной тактики, проведение своевременной обоснованной фармакологической коррекции, что приведет к снижению летальности при септических осложнениях (сепсисе) в

лечебно-профилактических учреждениях Вооруженных сил РФ, в первую очередь, ОРИТ и хирургических стационарах.

Выполнение этих исследований позволит решить задачу быстрого и эффективного лечения ран, минимизировать инфекционные осложнения, что особенно актуально в условиях военных конфликтов.

Еще одним уникальным направлением исследований сотрудников ВМА им. С.М. Кирова - разработка перспективных клеточных технологий.

Так проекты «Создание тканеинженерных конструкций кости и хряща с помощью 3D биопринтирования» и «Создание искусственных аналогов кожи с использованием трёхмерной биопечати» направлены на создание модели – альтернативе донорским органам. Развитие этого направления регенеративной медицины – не выращивать, а собирать орган из клеток: послойная трехмерная печать органа или ткани клетками при помощи 3D-биопринтера.

3D-биопринтинг возник в последние годы в качестве универсального способа для создания 3-D тканей и органов в лаборатории. Являясь перспективной технологией, он имеет потенциал создавать полностью функциональные органы и ткани для замены поврежденных, путем следующего этапа – имплантации.

Существуют три основных метода биопринтинга: метод струйной печати, микроэкструзионная печать, лазерно-опосредованная печать. Несмотря на инновации каждого из этих технологических методов, успешная реализация 3D печати в значительной степени зависит от интеграции с совместимыми биоматериалами, которые отвечают за поддержку клеточных компонентов, во время и после биопечати, кроме того они должны быть совместимы с требованиями биопринтера. В процессе 3D-печати слой за слоем создается 3D тканевой конструкт, который позволяет клеткам (мезенхимальным стволовым клеткам или уже дифференцированным клеткам) существовать в высоко гидротированных механически

фиксированных трехмерных средах. Исключительно важным является тот факт, что клетки для печати можно взять у пациента (липосакция, производство стволовых клеток с последующей их целевой дифференциацией).

На сегодняшний день технология 3D-биопечати позволяет получить экспериментальные аналоги кожи с формированием функционирующих межклеточных контактов, управляемой структурой внеклеточного матрикса, дифференцировкой кератиноцитов и потенциалом к неоваскуляризации при имплантации в экспериментальные раны лабораторным животным. Для создания полноценных аналогов кожи технологией 3D-биопечати для последующей трансплантации больным с травматическими повреждениями кожи требуется присутствие всех типов клеток, составляющих нативную кожу, включая меланоциты, нейрональные клетки, потовые и сальные железы.

Важной причиной создания искусственной кожи являются доклинические испытания новых препаратов на токсичность, тестирование лекарственных средств и средств по уходу за кожей, т.к. исследования на животных не всегда правильно прогнозируют ответные реакции человека. Еще одним потенциальным применением является её использование в качестве модели для исследования меланомы и других типов рака кожи.

На сегодняшний момент модели опухолей кожи *in vitro* с сконструированной опухолевой микросредой востребованы для изучения пролиферации клеток рака и их миграции. Ещё до начала процесса лечения больного можно напечатать раковые модели для того чтобы увидеть как отвечает фактическая опухоль каждого пациента на лекарственное средство и существует ли возможность метастазирования. Подобные сложные 3D-модели рака кожи могут быть спроектированы технологией 3D-биопечати, например, недавно разработана платформа «метастаз на чипе».

Таким образом, создание тканеинженерных конструкций кожи с помощью 3D-биопринтирования позволит:

- изучить современное состояние, тенденции развития и технологии создания тканеинженерных конструкций кожного лоскута;
- разработать предложения по развитию нового научного направления в области создания искусственных аналогов кожи – перспективного для лечения больных с травматическими повреждениями кожи и использования медицинской службой ВС РФ в мирное и военное время;
- осуществлять моделирование и программирование для последующей трехмерной биопечати;
- разработать полимерную матрицу или подложку для биопечати – гидрогель, совместимый с клетками кожи и процессом биопечати;
- разработать методологию 3D-биопечати кожи;
- осуществить 3D-биопечать кожи;
- провести апробацию на экспериментальных животных;
- провести доклинические испытания, клинические исследования полученного продукта.

Выполнение всех этапов НИР будет способствовать развитию существующего мирового и отечественного опыта в области 3D-биопринтирования. Технология трехмерной биопечати имеет перспективы использования в точной и персонифицированной медицине. Дальнейшее развитие исследований в этой области должно быть направлено на получение многослойных аналогов кожной ткани, полученных из аутологичных клеток пациента, включающих в состав все типы клеток, присутствующих в нативной коже.

Полноценные аналоги кожи, созданные на основе технологии 3D-биопечати, будут использованы для трансплантации больным с травматическими повреждениями кожи, а также для тестирования новых лекарственных средств и косметических препаратов. Использование

полученного продукта будет востребовано для лечения заболеваний кожи, в том числе онкологических.

По исследованию проблем разработки и использования технологий трехмерной биопечати для регенеративной медицины возможно и целесообразно создание научного центра.

Проблема разработки и создания клеточных технологий актуальна не только для лечения больных с травматическими повреждениями кожи, создания моделей опухоли кожи *in vitro* с сконструированной опухолевой микросредой при изучении пролиферации клеток рака, но и для иммунодиагностики и персонализированной клеточной иммунотерапии целого ряда заболеваний. Так в исследованиях сотрудников ВМА им. С.М. Кирова в проекте «Разработка технологий иммунодиагностики и персонализированной клеточной иммунотерапии эндометриоза» рассматривается демографическая проблема, одна из важнейших в Российской Федерации.

Низкий уровень здоровья населения репродуктивного возраста, высокая распространенность аборт, патология беременности и родов обуславливают высокие показатели материнской и перинатальной смертности. Доля бесплодных браков достигает 17,5% и не имеет тенденции к снижению. В России количество бесплодных пар оценивается в 4-4,5 миллионов. В 40-60% бесплодие вызвано нарушениями репродуктивной функции организма женщины.

В этой связи, важнейшей задачей демографической политики Российской Федерации является улучшение репродуктивного здоровья населения.

К числу заболеваний, оказывающих выраженное влияние на репродуктивное здоровье женщин, относится эндометриоз. Эндометриоз – одно из наиболее распространенных гинекологических заболеваний, встречающихся у пациенток с бесплодием. Частота эндометриоза у женщин

репродуктивного возраста достигает 10% и достигает 40-50% при бесплодии. Несмотря на существование множества теорий, полной картины причин и механизмов развития эндометриоза медицинская наука до настоящего времени не имеет. Острой проблемой является отсутствие ранних, точных и неинвазивных методов диагностики эндометриоза, а также эффективных и нетравматичных методов лечения, позволяющих добиться удовлетворительных результатов, в том числе и по уровню снижения бесплодия. Основным принципом лечения эндометриоза на сегодня в мире остается хирургическое удаление эндометриоидного очага в сочетании с гормональной и иммуномодулирующей терапией.

В этой связи представляется актуальной разработка новых методов диагностики и лечения эндометриоза.

В настоящее время иммунная теория этиопатогенеза эндометриоза находит все больше подтверждений. В частности, выявлены нарушения цитокиновых профилей при эндометриозе, что может быть положено в основу перспективных методов диагностики и лечения. Ранее авторами проекта была разработана технология изоляции и культивирования клеток эндометрия и высокоэффективной трансформации их вектором экспрессии, несущим терапевтические цитокиновые гены. Эти технологии и имеющиеся собственные научные данные использованы для разработки оригинального клеточного продукта *ex vivo* генной терапии эндометриоза.

*Обоснование предлагаемого решения задачи.*

Полученные ранее предварительные информативные данные будут использованы для создания новой методики ранней неинвазивной и инвазивной диагностики эндометриоза по уровню цитокинов в крови и других биологических жидкостях.

Одним из наиболее современных и перспективных подходов к лечению различных заболеваний является генотерапия. В этом случае в зону поражения вводится вектор экспрессии, содержащий терапевтические гены,

который проникает в клетки и обеспечивает в течение продолжительного времени синтез терапевтических белков на достаточно высоком и постоянном уровне.

Однако наиболее высокая трансформация клеток может быть достигнута *in vitro*. В этой связи представляется актуальной разработка препарата для *ex vivo* генной терапии, при которой трансформация клеток векторами с терапевтическими генами осуществляется *in vitro*, а затем клетки возвращаются в организм. С учетом того, что эндометриоз вызывается эктопическим распространением клеток эндометрия, именно этот тип клеток представляется наиболее перспективным для лечения эндометриоза, поскольку эффективность клеточной терапии обусловлена, прежде всего, выживаемостью этих клеток в организме.

Выполненные ранее исследования и успешные разработки в этих областях будут использованы для создания оригинальных методов лечения эндометриоза.

Этапы проведения работы:

– изучение современных данных об этиопатогенезе эндометриоза и перспективных методах, технологиях и протоколах его диагностики и лечения, в том числе на основе генной и клеточной терапии, среди отечественных и зарубежных публикаций (2017-2018 гг.). В результате будут выявлены существующие достижения и могут быть скорректированы наши направления дальнейших исследований и разработок.

– проведение расширенного сканирующего исследования цитокинов и других потенциальных биомаркеров при эндометриозе (2019-2020 гг.). В результате будет получена более полная картина изменений цитокинового профиля при данном заболевании.

– проведение скринирующего исследования информативных цитокинов и создание диагностической модели при эндометриозе (2021-2022

гг.). В результате будет получена математическая модель, которая будет обладать хорошей диагностической точностью.

– оценка роли цитокинов в патогенезе заболевания и разработка на этой основе методов, технологий и протоколов получения клеточного продукта для персонифицированной *ex vivo* генной терапии эндометриоза и алгоритмов его применения (2023 г.). В результате будут получены терапевтические векторы с системой их доставки, клеточные линии, разработаны технологии получения клеточного продукта и алгоритмы его применения в зависимости от иммунологического статуса.

– производство опытной партии клеточного продукта и доклинические исследования (2024-2025 гг.). На основе разработанных технологий будет осуществлено производство требуемых партий клеточного продукта и создана модель эндометриоза на животных, на которой и будет проводиться часть доклинических исследований;

– разработка дизайнов и проведение клинических исследований (2026-2030 гг.). В результате этих исследований будет установлены характеристики клеточного продукта, включая его безопасность, специфическую активность и клиническую эффективность;

– юридическое закрепление прав на владение и использование технологий получения клеточного продукта (2026-2030 гг.). На данном этапе будет заложена основа для передачи клеточного продукта на производство и его коммерциализации.

Проведение доклинических и клинических испытаний должно происходить в соответствии с международными требованиями к проведению таких исследований и привлечением отечественных и зарубежных клиник.

Разработанные и апробированные технологии получения клеточного продукта и алгоритмы его применения должны быть запатентованы.

В результате выполнения данной НИР будут разработаны оригинальные технологии иммунодиагностики эндометриоза и клеточный

продукт для цитокиновой ex vivo генной терапии эндометриоза. Данные разработки позволят решить задачи ранней неинвазивной диагностики и нетравматичного лечения эндометриоза. В результате будут значительно снижены затраты на диагностику и лечение эндометриоза, трудопотери у женщин репродуктивного возраста и частота бесплодия. Будет повышена эффективность лечения, снижена его травматичность, повышена рождаемость.

Полученные в ходе научно-исследовательской работы технологии и алгоритмы могут быть использованы для производства и использования диагностикумов и клеточного продукта в Российском здравоохранении, а также для поставок данной продукции на экспорт.

Помимо многочисленных исследований, проводимых в ВМА им. С.М. Кирова по разработке клеточных технологий при лечении пациентов с обширными повреждениями кожных покровов, несколько с другой стороны эта проблема исследуется во Всероссийском центре экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова, МЧС России, в проектах «Создание биомедицинского клеточного продукта с использованием клеток кожи для лечения кожных ран» и «Разработка бесклеточного коллаген-эластинового аллогенного дермального матрикса».

Актуальность работ определяется большой длительностью лечения пациентов с обширными повреждениями кожного покрова и высокой экономической составляющей лечения. Причинами обширных повреждений могут быть как внешние факторы воздействия (пламя, излучение, низкие температуры), так и системные нарушения, приводящие к формированию длительно незаживающих ран с низким регенеративным потенциалом (трофические язвы, пролежни). Несмотря на определенные успехи, достигнутые за последние два десятилетия в развитии технологий и средств для лечения тяжелообожженных, лечение пострадавших с термическими поражениями является одной из сложнейших и ресурсозатратных задач

современной медицины. Летальность при крайне тяжёлых ожогах в РФ составляет от 60% до 94%.

Наилучшие результаты для восстановления кожных покровов даёт использование аутологичной кожи, однако основной проблемой является ее нехватка при обширных поражениях. Относительно доступным и высокоэффективным ресурсом для преодоления этого ограничения могло бы быть широкое применение донорской (трупной) кожи, однако в настоящее время в России отсутствуют банки донорской кожи, что связано с несовершенством законодательной базы, касающейся донорства кожи и неготовностью общества к безвозмездной донации. Альтернативой кожным трансплантатам в критических жизнеугрожающих состояниях могут быть тканеинженерные аналоги кожи с использованием клеток. На сегодняшний день клеточные продукты, имитирующие строение кожи стали одним из звеньев комплексного подхода в терапии кожных повреждений различной этиологии. Накопленный мировой опыт по применению кожных эквивалентов позволяет сделать следующие выводы: продукты с использованием клеток кожи стимулируют репаративные процессы и эффективны при комплексном подходе, их применение экономически оправданно для ран со сниженным регенеративным потенциалом. Однако такие продукты являются технологически сложными и трудозатратными, что выражается в их высокой стоимости. Последние два обстоятельства сдерживают широкое распространение данных технологий. Оптимизация и упрощение технологий применения клеточных продуктов при сохранении их основных регенеративных свойств может существенно расширить их применение. Камнем преткновения в создании кожных эквивалентов часто является разработка основы для клеточных компонентов (синтетической или натуральной природы), которая отвечала бы всем необходимым требованиям, а именно: биосовместимая, нетоксичная, адгезивная, биodeградируемая, с определенными механическими свойствами.

В этой связи, представляется оптимальной технология создания биомедицинского клеточного экспресс-продукта на основе уже имеющегося на рынке раневого покрытия и с использованием банкированных аллогенных клеток кожи. Такой продукт не потребует длительной подготовки, может храниться криоконсервированным длительное время и быть готов к использованию в течение суток.

В мировой клинической практике наибольшее распространение получили именно продукты, способные храниться замороженными. Это следующие продукты, используемые в мире: Apligraf (Ogranogenesis, USA), первый клеточный продукт, одобренный FDA 1998 г и самый широко используемый. Apligraf состоит из контрактирующего коллагенового матрикса и живых аллогенных клеток кожи – кератиноцитов и фибробластов, которые располагаются в соответствии с их нормальным распределением в коже. Apligraf был зарегистрирован для заживления трофических язв и диабетической стопы и является самым клинически успешным из тканевых заместителей кожи в лечении язв; Dermagraft – дермальный эквивалент, получивший наибольшее распространение. Dermagraft представляет собой полимерную полилактиновую сетку с живыми клетками дермы – фибробластами. В результате синтеза сетка заполняется коллагеном и другими элементами дермального матрикса, а также содержит ростовые факторы. Компания Advansed Bio Healing в 2008 г. вывела продукт на европейский рынок. Продукт содержит аллогенный клеточный материал и может долгое время храниться замороженным, именно эти обстоятельства позволили ему получить такое широкое распространение.

TransCyte – продукт, также получивший одобрение FDA, показан к применению для лечения полнослойных ожоговых ран. Представляет собой силиконовую сетку, заселенную неонатальными аллогенными фибробластами. В связи с присутствием в составе продукта нерезорбируемого синтетического компонента является временным раневым

покрытием и легко удаляется при готовности раны к аутодермопластике. Мультицентровые клинические исследования показали, что при закрытии ожоговых ран TransCyte способствует ускоренной реэпителизации и обладает лучшими регенеративными способностями по сравнению с аллогенной криоконсервированной кожей .

В России основные работы по использованию клеток кожи для лечения кожных ран ведутся несколькими научными группами, в числе которых Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН (Москва), Институт цитологии РАН (Санкт-Петербург), ВМА им. С.М. Кирова, НИИ хирургии им. А.В. Вишневского МО РФ (Москва), Покровский банк Стволовых клеток (Санкт-Петербург), в том числе ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М.Никифорова МЧС России. Однако, ввиду длительного отсутствия законодательного регулирования в данной области, данные технологии не были зарегистрированы в виде конкретных биомедицинских продуктов.

*Обоснование предлагаемого решения задачи.*

Описание предлагаемого биомедицинского клеточного продукта:

Комплексная дермальная матрица, в основе которой биорезорбируемое раневое покрытие из природного полимера гиалуроновой кислоты в комбинации со смешанной культурой клеток кожи – аллогенных фибробластов и кератиноцитов. Подлежит длительному криохранению.

В качестве матрицы для восстановления кожных покровов предлагается создать клеточный экспресс-продукт, приготовление которого не потребует больших расходов, времени и используемых компонентов, но сохранит его основные регенеративные свойства. Создание продукта с такими свойствами возможно за счет следующих решений:

- В качестве основы предполагается использовать уже зарегистрированный для медицинского применения материал, который продемонстрировал высокую клиническую эффективность при лечении термических и других ран. В проведенных ранее исследованиях было

показано, что доступное раневое покрытие российского производства на основе гиалуроновой кислоты Джи-дерм является подходящим материалом для культивирования клеток кожи и может быть использовано для тканевой инженерии кожи.

- В качестве клеточных элементов предлагается использование аллогенных банкированных клеток двух типов: культивированных фибробластов и первичных кератиноцитов. Использование клеток самого пациента для создания биоинженерных продуктов неизбежно приведет к созданию целого комплекса технологий, включающих мини-лаборатории, материалы и службу сервиса, которые должны на месте обеспечить быстрое воспроизводство тканеинженерных продуктов. Стоимость любого клеточного продукта складывается из затрат на адаптацию услуги к требованиям GMP, затрат на культивирование и контроль биологической безопасности клеток (тестирование на отсутствие инфицирующих агентов); поэтому, с экономической точки зрения, выгодным может быть только производство аллогенных клеточных продуктов. Такое производство позволит создать масштабированный, стандартизированный и протестированный клеточный материал длительного хранения.

- При создании конечного продукта может быть использована смешанная культура кератиноцитов и фибробластов (в соотношении 10 к 1) краткосрочного культивирования без формирования многослойного пласта кератиноцитов. В такой системе фибробласты выступают, с одной стороны, как фидерные клетки для кератиноцитов, с другой стороны, как самостоятельные полноценные биологически активные агенты. В целях клинического использования достаточно 2-3 суток, чтобы получить готовый экспресс-продукт из банкированных клеток.

- Готовый продукт можно использовать сразу или подвергнуть криозаморозке. Транспортировка продукта может осуществляться в замороженном виде, разморозка продукта на месте не потребует

специального оборудования и может быть осуществлена персоналом клинического отделения.

Введено еще одно новое направление «Разработка новых подходов и алгоритмов психолого-психиатрической помощи в психиатрических учреждениях».

В последние десятилетия среди населения России отмечен неуклонный рост заболеваемости психическими расстройствами, обусловленный как социально-экономическими процессами, происходившими в России в конце XX – начале XXI столетия, так и снижением эффективности деятельности самой психиатрической службы.

Показатели психического здоровья населения России в течение последних лет (2005–2016 гг.), имея некоторую тенденцию к улучшению, в целом остаются неблагоприятными. При этом процесс реформирования системы психиатрической помощи идет недостаточными темпами.

Современному холистическому подходу в психиатрии отвечает наиболее общепринятая в настоящее время биопсихосоциальная концепция психических расстройств. Базовым положением данной концепции является обязательное участие в возникновении и развитии психопатологии трех глобальных факторов (в варьирующих соотношениях): биологического, психологического и социального, что предполагает комплексную оценку большого количества переменных, играющих роль в развитии и поддержании психических нарушений, а именно:

- 1) Генетического фактора – наследственно детерминированный, определяющий вероятность возникновения заболевания.

- 2) Органического фактора. Исследования резидуальных церебрально-органических поражений (органическое поражение центральной нервной системы; травма; соматическая патология; длительная интоксикация, связанная с употреблением психоактивных веществ; воздействие инфекционных агентов и др.).

3) Иммуно-эндокринного фактора. Установлено, что нарушения биологической адаптации могут быть связаны с недостаточностью врожденного иммунитета, что приводит к прорыву «порога уязвимости» и появлению признаков психопатологического диатеза, а в дальнейшем – к появлению манифестных форм заболевания. Базовые характеристики обуславливают взаимосвязь нервной (генетически детерминированной с возможными, при определенных условиях, органическими «наслоениями»), иммунной и эндокринной систем, интегрированных в функциональную общность, обеспечивающую поддержание динамического гомеостаза и целостности организма. Однако тесная взаимосвязь этих систем означает высокий риск нарушения функции всех трёх систем независимо от локализации первичного патологического процесса в одной из них («Проект сотрудников ФГБУ СПбНИПНИ им. В.М. Бехтерева «Разработка инструментария и построение архитектуры для распределенной обработки и анализа данных комплексного исследования мозга»).

Для анализа психологических причин развития психического расстройства и имеющихся у пациентов ресурсов проводится оценка следующих параметров: 1) особенности структуры личности; 2) наличие и характер интрапсихических конфликтов (или «структурного дефицита» по терминологии психодинамически ориентированных авторов); 3) особенности личностных адаптационно-компенсаторных образований (форм психологической защиты, механизмов совладания, внутренней картины болезни), которые носят «сквозной» характер, отражаясь на некоторых феноменах клинического диагноза, с одной стороны, и характеристиках социального диагноза – с другой. Социальный диагноз включает характеристики социальной компетенции и внешних социальных ресурсов индивидуума.

Задачи нейроинформатики сконцентрированы на создании, хранении, обработке, симуляции и визуализации результатов исследования. Все эти

стадии затрагивают работу с большими объемами данных и требуют разработки уникального программно-аппаратного комплекса, требующего специальных алгоритмов и аппаратного обеспечения для эффективной работы. Созданием облачных платформ для обеспечения работы в этой области активно занимались с 2008 года, однако системы, которая бы покрывала полный спектр задач, до сих пор не существует, и зачастую для решения отдельных задач требуется специализированные проекты.

*Обоснование предлагаемого решения задачи:*

Современные исследования психоневрологических нарушений происходят посредством многокритериального анализа многочисленных источников, корреляция которых с изучаемым явлением часто требует отдельного исследования. Так, в рамках одного исследования могут использоваться анализы крови и других биологических жидкостей, анализируемых по 50 параметрам, магнитно-ядерная томография головного мозга, позитронно-эмиссионная томография, электроэнцефалографическое исследование головного мозга, генотипирование, оценка клинических и анамнестических данных, нейропсихологическое обследование, психометрические шкалы, физикальное обследование, неврологические обследования. Единовременный учет столь многих факторов без приведения их к интегрируемым форматам не только является нетривиальной задачей, требующей значительных временных и трудовых ресурсов, но и препятствует извлечению скрытых зависимостей среди данных, выявление которых позволило бы получить ответы на вопросы о выявлении деменции на ранних этапах и прогнозирования хода ее прогрессирования.

Но отсутствие единообразного формата – не единственное препятствие к интегрированному использованию многих источников данных. Даже имея близкие форматы данных (например, большинство табличной информации получается в распространенном xls-формате), данные из различных источников хранятся отдельно друг от друга. Автономность каждого метода

исследований не предполагает его явного применения в сочетании с другим, и обязанность организации взаимодействия ложится на плечи исследователя. С учетом того, что в большинстве случаев такая работа требует высокого уровня познаний в информационных технологиях, связанных с техническими аспектами работы с данными - их обработкой, хранением и обеспечением доступа. Данные компетенции лежат вне области исследования мозга, из-за чего высококвалифицированным медикам, психологам и биологам требуется тратить время на решение проблем, напрямую не связанных с их профилем. Создание соответствующего программно-аппаратного решило бы эту проблему, предоставив профильным специалистам удобные средства работы с массивами данных, а реализация системы в виде облачного сервиса позволило бы решить проблемы контроля доступа, интеграции географически распределенных источников данных, инкапсуляции сложной модели консолидации данных. Решение проблем доступа к комплексным данным позволит существенно ускорить проводимые исследования и выявлять в полуавтоматическом режиме скрытые связи между наблюдениями, которые могут расширить знания о патологиях мозга.

В следующем проекте сотрудников «СПб НИПНИ им. В.М. Бехтерева» о показателях психического здоровья населения России и оказания психиатрической помощи в Санкт-Петербурге больным психическими и поведенческими расстройствами «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» подробно проанализировано состояние психиатрической службы и наличие разноречивых тенденций динамики ее основных показателей деятельности, что свидетельствует об отсутствии системного подхода к организации психиатрической помощи в большинстве субъектов РФ, недостаточном учете потребностей населения в различных ее видах.

Состояние психического здоровья в настоящее время относится к числу наиболее серьезных медико-социальных проблем, стоящих перед всеми странами. Психические расстройства составляют более 40% всех хронических заболеваний и являются второй по значимости причиной бремени болезней после заболеваний сердечно-сосудистой системы. На их долю приходится 19,5% всех лет жизни, утраченных в результате инвалидности.

По мнению экспертов ВОЗ, основные причины роста числа психических расстройств – это возрастание плотности населения, урбанизация, неблагоприятная экологическая обстановка, усложнение производственных и образовательных технологий, нарастающий информационный прессинг, рост чрезвычайных ситуаций и техногенных катастроф, ухудшение физического, в том числе репродуктивного, здоровья, рост числа травм головного мозга и родовых травм, старение населения и его миграция (ВОЗ, 2001).

Происходящие в последние десятилетия в России коренные преобразования сопровождаются обострением социальных проблем, одной из которых является ухудшение психического здоровья населения. Для правильной и эффективной организации психиатрической службы немаловажное значение имеет информация об уровне заболеваемости и распространенности психических заболеваний, а также их динамики. Общепринято оценивать состояние психического здоровья по показателям, характеризующим общую и первичную заболеваемость населения психическими расстройствами, уровень госпитализированной заболеваемости и инвалидности. Поэтому изучение этих показателей в динамике имеет важное прикладное значение для принятия организационных и управленческих решений.

В настоящее время и отечественный, и зарубежный опыт организации психиатрической помощи, основанный на процессах деинституционализации, свидетельствует о необходимости развивать

различные внестационарные формы помощи больным, целью которых является не столько медикаментозная коррекция болезненного состояния пациента, сколько его реабилитация и ресоциализация. Впервые введенный в 2012 г. в практику психиатрической помощи в РФ порядок ее оказания (Приказ Минздравсоцразвития от 17.05.2012 г. № 566н «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи при психических расстройствах и расстройствах поведения»), определяет безусловный перенос усилий психиатрической помощи на амбулаторный уровень с выраженным акцентом на многоуровневую реабилитацию и организацию работы медицинского персонала по принципу полипрофессиональных бригад, с сохранением при этом необходимого уровня и объема стационарной помощи. Поэтому разработка новых подходов и алгоритмов психолого-психиатрической помощи в психиатрических и общесоматических учреждениях, 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.

Отрасль информационных технологий является одной из наиболее динамично развивающихся как в мире, так и в России. В медицине информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) находят все более широкое применение, в частности, в рамках телемедицины. Телепсихиатрия как одно из направлений телемедицины, давно уже получило широкое развитие во многих странах мира, как в структуре частных клиник, так и в структуре государственной помощи. В инициативных проектах возможности телепсихиатрии продемонстрировали эффективность и удобство применения электронных средств связи для управления оказанием психиатрической помощи, обучения и клинического лечения. В сложных клинических случаях,

когда необходимо привлечь опыт и знания высококвалифицированных (в т.ч. в узких проблемных вопросах) специалистов ведущих медицинских учреждений психоневрологического профиля России, целесообразно проведение совместных клинических разборов со специалистами региональных ЛПУ. Помимо телеконсультаций в рамках этого направления предлагается проводить психосоциальные мероприятия, включая психобразовательные программы. Повышение осведомленности населения о психических болезнях является важным антистигматизационным фактором, поскольку недостаток понимания ведет к более позднему выявлению болезни и началу лечения и, тем самым, усугубляет стигматизацию и самостигматизацию пациента.

Однако, ряд методологических вопросов, касающихся организации, защиты информации, этики и защиты прав пациента остаются неразрешенными.

Крайне важным является определение направлений дальнейшего совершенствования системы помощи больным с психическими расстройствами. К настоящему времени сложилось мнение, что эти изменения должны происходить, прежде всего, в направлении развития амбулаторных и полустационарных форм помощи, активного внедрения психиатрической помощи в общесоматическую сеть с тенденцией снижения количества стационарных коек, установления оптимальной зависимости размеров и структуры психиатрической сети от реальной потребности в помощи, особенностей демографического состава населения, материальной базы региона, технологических возможностей современной медицины. При этом развитие внебольничных форм помощи должно опережать процесс сокращения стационарных коек. Необходимо организовать этот процесс таким образом, чтобы он в ходе преобразований не ущемлял интересов пациентов и сотрудников психиатрических служб. Такая ситуация делает чрезвычайно актуальным для современной психиатрии разработку новых подходов и

алгоритмов психолого-психиатрической помощи в психиатрических и общесоматических учреждениях, совершенствование деятельности региональных психиатрических служб, направленное на внедрение современных принципов оказания психиатрической помощи, в том числе с использованием новых информационно-коммуникационных технологий.

Очень актуальны и перспективны для разработки новых подходов и алгоритмов психолого-психиатрической помощи, такие понятия как персонализированная и предиктивная медицина, в основе которой лежит индивидуальный подход к лечению или проведению профилактических мероприятий с учетом природы выявленного молекулярного дефекта – (Проект «Персонализированная оценка эффективности антипсихотической терапии на основе гаплотипического анализа генов фармакокинетических и фармакодинамических факторов»). Теоретической основой персонализированной/предиктивной медицины является концепция биомаркеров заболевания – факторов риска, по которым можно рассчитать прогностическую вероятность развития исследуемого события (изучаемой патологии).

Понятие биомаркера было предложено в 2001 году Национальным институтом здоровья США, как «характеристика, которая является объективным индикатором биологических процессов в норме, развития патологии или ответа организма на фармакологическое воздействие». Биомаркеры широко используются в различных сферах медицинской практики: первое, для диагностики заболевания (для уточнения диагноза, прогнозирования прогрессирования заболевания, мониторингования его течения, прогнозирования его исхода); второе, для оценки эффективности и безопасности фармакологической терапии (выбора препарата, назначения дозы, развития возможных побочных эффектов); третье, для понимания патогенеза и патофизиологических механизмов развития патологии.

В настоящее время определение биомаркеров заболеваний широко используется во многих областях медицины и составляет основу персонифицированных/ предиктивных подходов к терапии таких мультифакторных заболеваний как онкология, кардиоваскулярные патологии и т.д. Однако в психиатрии до настоящего времени не найдено ни одного потенциального биомаркера, который был бы внедрен в клиническую практику. Сложность психических расстройств связана с высоким уровнем патогенетической гетерогенности, характеризующейся проявлением позитивных (бредовые идеи и галлюцинации), негативных (социальная изоляция, апатия, обеднение эмоциональных реакций) и когнитивных симптомов (нарушение мыслительного процесса и памяти), подкрепленных вовлечением множества мультифакторных средовых и генетических эффектов, и не полностью выясненной этиологией. При этом следует отметить, что фармакотерапия психических расстройств является одной из самых сложных областей психиатрии. Несмотря на огромную эволюцию антипсихотических препаратов, повышение безопасности и эффективности терапии психических заболеваний остается актуальной проблемой. Это обусловлено развитием лекарственной резистентности и широким спектром побочных эффектов, снижающих приверженность к терапии и качество жизни психически больных.

Антипсихотики (нейролептики) – группа лекарственных препаратов, применяемых в психиатрии для лечения широкого спектра заболеваний: шизофрении, шизоаффективного расстройства, биполярного аффективного расстройства, депрессии, обсессивно-компульсивного расстройства, генерализованного тревожного расстройства. Но основным показанием к назначению нейролептиков всё же является шизофрения.

Несмотря на то, что имеются мета-анализы по сравнению клинического эффекта различных нейролептиков между собой, подбор терапии конкретному пациенту по-прежнему сопряжён с риском отсутствия

улучшения психического состояния. В последние годы активно ведётся поиск клинических и параклинических предикторов для подбора оптимальной антипсихотической терапии. Несмотря на многочисленные исследования, эмпирический подбор препарата все ещё остается наиболее популярным среди практикующих врачей-психиатров всего мира. Многообещающе выглядят работы по поиску предикторов (клинических и биологических) эффективности антипсихотиков. Особенно активно изучаются фармакогенетические маркеры: указания на необходимость учёта результатов генотипирования включена в аннотации некоторых нейролептиков. Несмотря на пока недостаточный уровень доказательности, с каждым годом в мировой психиатрии повышается вероятность внедрения стандартизированного фармакогенетического алгоритма подбора антипсихотика.

Мировые исследования находятся на пороге внедрения фармакогенетических исследований в психиатрическую практику. Этому препятствует, главным образом, недостаток перспективных исследований в параллельных группах, сравнивающих использование стандартного подхода к лечению с фармакогенетически информированным решением врача о выборе препарата и его дозы.

Очевидный недостаток отечественных оригинальных исследований не позволяет делать выводы о значимости генетических маркёров для прогностической оценки риска побочных эффектов антипсихотиков у пациентов, проживающих на территории РФ. Следовательно, этот пробел необходимо восполнить. Однако, проводить изучение генов-кандидатов необходимо на более высоком доказательном уровне, а именно – с включением анализа гаплотипов. Тогда результаты будут не только пополнять отечественную базу фармакогенетических исследований, но и опережать работы зарубежных коллег.

Данное научное исследование впервые ставит своей задачей изучение широкого спектра полиморфизмов генов факторов, задействованных в реализации побочных эффектов антипсихотиков у пациентов европеоидной расы, проживающих на территории Северо-Западного региона и Республики Татарстан Российской Федерации. Несомненной новизной и значимостью обладает также запланированный гаплотипический анализ, отвечающий требованиям современных зарубежных исследований, так как существенно повышает мощность и прогностические возможности проводимого исследования. Стоит подчеркнуть, что анализ гаплотипов указанных генов в рамках ассоциации с индуцированными антипсихотиками метаболическими и экстрапирамидными расстройствами у пациентах европеоидной расы, проживающих на территории РФ, не проводился. Двухцентровой дизайн исследования позволит установить степень генетической неоднородности популяции пациентов из разных регионов РФ.

Поставленная цель, в результате её выполнения, позволит принципиально изменить подход к подбору антипсихотического препарата, решению о его замене или отмене.

Полученный в результате исследования алгоритм назначения антипсихотиков может быть реализована 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-психиатров. Лаборатории не располагают чипами и тестовыми панелями для персонализации психофармакотерапии. Предлагаемое 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. Ориентация на экономическую целесообразность в медицине также благоприятно скажется на возможности широкого применения алгоритма: ожидаемое сокращение расходов на лечение благодаря персонализированному подбору терапии, показанное в похожих зарубежных исследованиях, позволит прогнозировать востребованность данной разработки в психиатрии. После проведения локальных фармакогенетических исследований и клинических испытаний, алгоритм может применяться в регионах с коренным неевропеоидным составом населения, в дальнейшем – странах СНГ.

Проект «Исследование анатомических и функциональных коннектотипов мозга человека в норме и при ряде психических заболеваний» отделения клинической и лабораторной диагностики, нейрофизиологии и нейровизуальных исследований, ФГБУ «СПб НИПНИ им. В.М. Бехтерева» Минздрава России предлагает комплексное исследование по выявлению и описанию как наличия вариантов строения структур головного мозга, ответственных за обеспечение произвольного внимания, так и вариабельности типов коркового реагирования в норме, соотнести их с морфо-функциональными особенностями субстрата головного мозга и когнитивно-поведенческими характеристиками личностей испытуемых.

С 2005 года активно развивается коннектомика – наиболее современно и быстро развивающаяся область междисциплинарного знания, ставящая перед собой цель описать структуру нервной системы организма. На сегодняшний день коннектом человека не расшифрован. Имеется слишком

мало исследований, посвященных изучению определенных сетей внутри коннектома человека в норме и при патологии (например, при болезни Альцгеймера, шизофрении, инсульте и т.д.). Предлагаемое комплексное исследование поможет выявить и описать как наличие вариантов строения структур головного мозга, ответственных за обеспечение произвольного внимания, так и вариабельность типов коркового реагирования в норме, соотнести их с морфо-функциональными особенностями субстрата головного мозга и когнитивно-поведенческими характеристиками личностей испытуемых. Данные могут быть востребованы как эталонные при анализе функционально-анатомических особенностей мозга в условиях патологии, нормальной и патологической инволюции.

Методическую основу проекта составляет воксельная морфометрия с последующей вариационно-статистической обработкой полученных количественных параметров. Большой научно-практический интерес также представляют собой функциональные сети, обладающие малой вариативностью внутри популяции.

В работе планируется проведение магнитно-резонансной томографии с использованием специальных программ у здоровых добровольцев различных возрастных групп, пациентов с аффективными и когнитивными расстройствами. Будут использованы методы автоматической и полуавтоматической обработки МР изображений головного мозга. В результате планируемых исследований будут выявлены закономерности прижизненной анатомической изменчивости структур мозга в норме и при различных патологических процессах.

Полученные новые данные будут обобщены в монографии по использованию современных методов визуализации при изучении клинической анатомии и физиологии головного мозга человека. Такой подход представляется перспективным как для фундаментальных исследований, так и для клинической практики – от разработки методов

ранней диагностики, до обнаружения мишеней терапевтического воздействия.

Апробация предложений по отдельным перспективным направлениям фундаментальных исследований в области биологических и медицинских наук в 2017 году проходила в рамках Междисциплинарных научных конференций и форумов: Международной научной конференции «Генетика популяций: Прогресс и перспективы», Москва, (17-21 апреля, 2017 г.), Международном онкологическом форуме «Белые ночи». (23-25 июня 2017 г., Санкт-Петербург), Российской научной конференции «Фармакология регуляторных нейропептидов» (9-11 октября 2017 г., Санкт-Петербург), Всероссийской конференции с международным участием «Микробиота человека и животных» (2-3 октября 2017 г., Санкт-Петербург), III Всероссийской молодёжной конференции с международным участием «Нейробиология интегративных функций мозга», посвящённая 100-летию Физиологического общества им. И. П. Павлова (23-25 октября 2017 г., Санкт-Петербург), Международной конференции «Термические поражения и их последствия», V съезд комбустиологов России (2 ноября 2017 г.), Научно-практической конференции «Лучевая диагностика в онкологии» (16-17 ноября 2017 г., Санкт-Петербург) и др.

При активном участии Объединенного научного совета «Биология и медицина» проведены в 2017 г. в СПбНЦ РАН следующие конференции: 17–19 апреля 2017 г. Санкт-Петербургский международный научный форум, посвященный 100-летию Физиологического общества им. И.П. Павлова, 10-12 октября 2017 г. Всероссийского симпозиума с международным участием «Стресс: физиологические аспекты, патологические последствия и способы их предотвращения», 20-24 ноября 2017 г. IV Вавиловская международная конференция «Идеи Н.И. Вавилова в современном мире», посвященная 130-летию со дня рождения Н.И. Вавилова на которых членами оргкомитетов

и /или докладчиками (содокладчиками) являлись ученый секретарь Объединенного научного совета «Биология и медицина к.б.н. Л.А. Джапаридзе и н.с. О.М. Землянко.

Кроме того, по теме исследования научными сотрудниками Санкт-Петербургского научного центра были опубликованы (в соавторстве) статьи и тезисы выступлений на конференциях:

1. Бондарева О.В., Абрамсон Н.И., Джапаридзе Л.А. Популяционно-генетические особенности улитки *Arianta arbustorum* L. в странах побережья Балтийского моря // Генетика популяционная: Прогресс и перспективы. М., 2017. С. 36-37.
2. Abramson N.I., Petrova T.V., Dzhaparidze L.A. Differentiation and cryptic speciation in rodents of Northeastern Palearctic as inferred from DNA sequence data: Case studies of genera Lemmus and Stenocranium (Rodentia, Arvicolinae). Skvortsovia: 2017, 4(1): 32-36  
<http://skvortsovia.uran.ru/2017/4102.pdf>
3. Tarasov O., Drozdova P., Zhouravleva G. Variation of the eRF3 translation termination factor in *Saccharomyces* yeasts // Сборник тезисов 28й международной конференции по генетике и молекулярной биологии дрожжей (Book of Abstracts of the 28th International Conference on Yeast Genetics and Molecular Biology, [www.yeast2017.cz](http://www.yeast2017.cz), ISBN 978-80-905701-7-7/ С. 212-213
4. Рогоза Т.М., Землянко О.М., Максютенко Е.М., Журавлева Г.А. Аминокислотные замены в С-терминальном домене Sup35p в сочетании с прионом [PSI+] нарушают жизнеспособность клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // Актуальные проблемы трансляционной биомедицины-2017, 15-16 июля 2017, Санкт-Петербург. Сборник тезисов ИТБМ СПбГУ. С. 62-63.

### 1.3 Перспективные направления развития в Санкт-Петербурге фундаментальных исследований в области экологии

В раздел программы «Приоритетные направления научных исследований которые обеспечат возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, социальных институтов на современном этапе глобального развития, в том числе применяя методы гуманитарных и социальных наук» добавлен проект «Разработка теоретических основ инвентаризации и мониторинга биотопов и составление их кадастра для Северо-Запада России», актуальность которого связана с необходимостью учета привязанных к территории данных по биоразнообразию в практике природопользования и территориального планирования. Сохранение экосистемных сервисов, включая биоразнообразие – необходимое условие устойчивого управления природными ресурсами (Конвенция ..., 1992). Задача сохранения биологического разнообразия, включающего все комплексы и объекты разных уровней интеграции, до сих пор находится на ранних стадиях теоретической и практической проработки. Для ее решения важен правильный выбор природной единицы, пригодной для идентификации и анализа. Такой единицей целесообразно принять биотоп (habitat) – минимальную устойчивую природную единицу, в которой реализуются биоценотические связи видов. В Западной Европе разработана система биотопов EUNIS, активно используемая в практике. Кадастр биотопов составлен для всех стран Прибалтики, Центральной Европы, Армении. Для Белоруссии, Украины и ряда регионов России составлены перечни редких биотопов и выявлены их местонахождения. В настоящее время имеется большой задел для разработки классификации биотопов, но кадастровой информацией охвачены только небольшие территории. В России работ в масштабах субъектов Федерации не проводилось.

Краткий обзор состояния проблемы, сравнение основных характеристик отечественных и зарубежных классификаций биотопов, а также уровней развития соответствующих сфер научных исследований позволяет сделать приведенные ниже выводы.

Исследование биотопов ведётся, по меньшей мере, с начала XX века, однако изначально оно было связано с фаунистическими описаниями и к природоохранным задачам отношения не имело. Примерно с 1980-х годов наблюдается довольно резкое изменение ситуации – биотопы начали исследовать в связи с уязвимыми видами и другими объектами. На этой основе разрабатывались классификации биотопов. В США работа велась в рамках проекта The Northeast Habitat Classification and Mapping Project. В Западной Европе особенно популярно это направление было в Германии, но приобрело общеевропейское значение в системе классификации биотопов EUNIS. Классификация имеет иерархическую структуру и включает в себя ключ с критериями для определения мест обитания на первых трех уровнях. Она основана на предыдущих инициативах классификации местообитаний, разработанной для проекта Европейской комиссии (DG XI) CORINE Biotopes (Devillers et al., 1991) и его преемника по классификации местообитаний в Палеарктике (Devillers & Devillers, 1996), созданного для Совета Европы. В морском секторе она основана на классификации морских обитателей JNCC для Великобритании и Ирландии (Connor et al., 2004) и типах мест обитания, разработанных в морских конвенциях Барселоны и Хелькома (Barcelona Convention, 1998; Helsinki Commission, 1998).

Для современного состояния характерно существенное отставание теоретического осмысления от роста объема эмпирического материала. Тем не менее, число публикаций в реферируемых журналах Европы и США о биотопах и их разнообразии неуклонно растёт. В России, напротив, выполнены лишь фрагментарные исследования в некоторых группах биотопов или на отдельных территориях. В настоящее время имеется

большой задел в разработке классификации биотопов, однако, кадастровой информацией охвачены только небольшие территории и акватории. Европейская классификация местообитаний EUNIS заявлена как система, охватывающая все разнообразие типов местообитаний Европы (включая острова) до Урала. Однако, особенности среды и биологического разнообразия Восточной Европы в этой классификации учитываются недостаточно. Классификация местообитаний EUNIS является дополняемой, что успешно осуществляется при расширении территории ее использования с области, где она была первоначально разработана (Западная Европа), на новые регионы (Карелия, Крым, Армения и т.д.). Создание классификации биотопов Северо-Западной России с большой вероятностью приведет к дополнению общеевропейской классификации EUNIS.

Разработанный в СПбГУ биотопический подход к формированию региональных систем особо охраняемых природных территорий (ООПТ) был успешно применен в масштабном российско-финляндском проекте для анализа состояния территориальной системы охраны природы в Северо-Западном регионе России в 6 субъектах федерации: Архангельская, Вологодская, Ленинградская и Мурманская области, республика Карелия и Санкт-Петербург (Проект «GAP Analysis in Northwest Russia»). В рамках этой работы были выявлены участки местности с наиболее ценными природными комплексами и показаны недостатки систем ООПТ в отношении эффективности их сохранения. Для интеграции с европейскими сетями ООПТ были использованы подходы и критерии *Habitat types classification* информационной базы EUNIS Европейского агентства окружающей среды ([www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu)). Для Ленинградской области и Санкт-Петербурга, которые служили полигоном для отработки методик, было выделено 270 типов биотопов, с определением для каждого из них характерного набора видов: средообразующих, фоновых, индикаторных и редких; а также

площадей, степени ценности, возможностей охраны и хозяйственного использования.

Другим заделом разработки типологии и кадастра биотопов, включающего оценку их природоохранной ценности, являются результаты российско-шведского проекта по выявлению БЦЛ (биологически ценных лесов), в выполнении которых ведущую роль играли сотрудники БИН РАН и СПбГУ. В рамках проекта для Северо-Запада России была адаптирована скандинавская система выделения биологически ценных лесов (БЦЛ), а также разработан набор видов-индикаторов для их определения (Выделение ... 2009). Кроме того, в ходе нескольких проектов WWF и российско-шведской программы по развитию устойчивого лесопользования при участии специалистов СПбГУ и БИН РАН для ряда территорий Северо-Западного региона была разработана и применена на практике система определения качественных и количественных критериев ценных биотопов, учитывающая требования к выделению БЦЛ, ландшафтные особенности района, а также требования систем лесохозяйственного планирования (Загидуллина, Романюк и др., 2006 и др.). Требования методики и основные результаты инвентаризации биотопов Северо-Западного региона отражены в серии наших публикаций (Загидуллина, 2009; Биологическое и ландшафтное разнообразие.. 2010; Биологическое и ландшафтное разнообразие..., 2013; Загидуллина и др., 2015; Zagidullina et al., 2017 и др.). Они были использованы при проектировании экологических сетей в отдельных районах Ленинградской, Псковской, Новгородской и Архангельской областей, респ. Карелия и Коми, а также для разработки предложений по совершенствованию методической и нормативной основы выделения ценных биотопов и сохранению структурной сложности экосистем разного уровня (Динкелакер, Загидуллина, 2016; Загидуллина, Дробышев, 2017).

В отличие от существующих классификаций биотопов и сходных природных объектов, в результате предлагаемого проекта планируется создать не только классификацию типов биотопов, но и иерархическую классификацию их комплексов для разных масштабов. Рассмотрение местообитаний в разных масштабах необходимо для понимания экологии отдельных видов, изучения устойчивости многовидовых сообществ (ведущие факторы устойчивости и уязвимости, как правило, различаются на разных масштабах рассмотрения). Опыт такой классификации будет востребован за пределами региона исследования. Единая система классификации биотопов целесообразна не только для расширения сетей и управления системами ООПТ. Она может быть использована при оценке разных форм воздействия на окружающую среду и, что наиболее важно, при количественной оценке состояния видового биологического разнообразия, в том числе при управлении охотничьими, лесными, рыбными, водными и земельными ресурсами. Для решения фундаментальных и прикладных вопросов об устойчивости сообществ необходимо добавить в классификацию биотопов динамическую составляющую – переход биотопа в другую категорию (иной тип и природоохранная ценность) при разных антропогенных воздействиях или прекращении определенных типов воздействий. Такая задача на сегодняшний день не решена, но её разработка исключительно актуальна.

Биотопический подход к решению перечисленных задач целесообразно применять на уровне субъекта федерации. С этой целью должна быть разработана система региональных кадастров биотопов, содержащая помимо биологической (фитоценотической, флористической, фаунистической, экологической) информации географическую информацию о местонахождении и границах биотопов. Ее основа komponуется из материалов лесоустройства, торфофонда, дистанционного зондирования, накопленных архивных и литературных данных, значительную роль играют данные натурного обследования территории специалистами-биологами

разных профилей. Вся информация должна сосредотачиваться в специально сформированной информационно-аналитической системе на основе ГИС, содержащей полный набор типов биотопов данного региона, сведения об их распределении по территории, занимаемой площади, перечень мест реального и потенциального обитания редких и особо охраняемых видов и существующих угроз их исчезновения. ИАС должна легко подключаться к основным земельным, лесным, градостроительным и другим интернет-ресурсам Российской Федерации.

Разработка систем региональных кадастров – актуальное требование времени. Реализация этой программы потребует не менее 10 лет. На первых этапах работы необходимо совершенствование классификации биотопов, так как предлагаемая нами предварительная схема требует уточнения специалистами разных профилей и адаптации ее к разным регионам лесной зоны. Большой объем работ потребует выполнения по выяснению реального распределения видов и их наличия на конкретных территориях. Весьма важным является анализ изменчивости видового состава среди сообществ одного типа (в том числе по набору редких видов, включенных в Красные книги). Создание такой системы переводит проблему сохранения биоразнообразия в плоскость его количественной оценки и решения практических задач.

Детализация предоставления информации предусматривается в базовых масштабах 1:25000 или 1:50000, что позволяет эффективно ее использовать в целях сохранения биоразнообразия и рационального природопользования на уровне управленческих решений в субъектах федерации. Результаты работы будут совместимы с, лесоустроительной информацией и данными торфофонда на уровне лесных выделов, по остальным биотопам – увязаны с генеральными планами поселений.

Базовой территорией для теоретической проработки и практического применения кадастра биотопов может стать Санкт-Петербургский регион

(Санкт-Петербург и Ленинградская область). Эту задачу предполагается решить в течение 7 лет. Полученные результаты в части методологии, принципов, подходов, критериев и методик в дальнейшем целесообразно распространить на большинство субъектов федерации, расположенных в лесной зоне на Северо-Западе Европейской части России.

Решение поставленной задачи предусматривается в рамках долгосрочного прогноза научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 года. Она соответствует приоритетным направлениям и критическим технологиям в области рационального природопользования, в части сохранения благоприятной окружающей среды и обеспечения экологической безопасности, а также мониторинга состояния окружающей среды, оценки и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

#### *Краткое обоснование теоретической новизны*

Создание общей классификации биотопов Северо-Запада России и составление списка редких биотопов будут новыми для региона. Разработанные методики выявления, типологии и определения природоохранной ценности различных типов биотопов усовершенствуют существующие методы и подходы. Впервые будут созданы классификация комплексов биотопов для разных пространственных масштабов и введена динамическая составляющая при классификации биотопов.

#### *Обоснование предлагаемого решения задачи*

Основными задачами проекта является:

- Разработка классификации биотопов, сопряжение её с Европейской классификацией местообитаний EUNIS, представляющей собой систему типов сред обитания европейской суши и окружающих ее морей. Создание «Атласа-определителя биотопов».

- Разработка критериев ценности биотопов с учетом отечественного и Европейского опыта – классификации местообитаний

Палеарктики, директивы местообитаний Natura-2000, выявление ценных в природоохранном отношении биотопов.

- Разработка открытой информационной системы «Кадастр биотопов» с использованием ГИС- и интернет-технологий.
- Разработка методики определения устойчивости к наиболее распространенным формам антропогенного воздействия основных типов местообитаний.
- Выявление изменения распространения и сохранности редких типов наземных растительных сообществ Ленинградской области.
- Разработка классификации комплексов биотопов для Ленинградской области.

Выявляемое в рамках предлагаемого нами проекта географическое распределение биологически ценных местообитаний, а также редких и уязвимых видов в Северо-Западном регионе в существующих базах данных почти не отражается. Таким образом, создание для Северо-Западного региона дополняемой комплексной информационной системы хранения и анализа данных по ресурсно-значимым, редким и уязвимым биотопам (местообитаниям) в настоящее время является актуальной задачей, решение которой создаст объективную фактологическую основу для реализации различных практических и научных целей – подготовки Красных книг, электронных данных для Росреестра, лесоустройства и др.

За основу классификации устойчивых биотопов предполагается взять классификацию растительности, которая играет основную средообразующую и индикаторную роль. Нарботки в классификации растительности, существующие у кафедры геоботаники и экологии растений СПбГУ и Лаборатории общей геоботаники БИН, основанные на обширном многолетнем материале, применении европейских и отечественных подходах (эколого-флористический, эколого-фитоценотический, топо-экологический и доминантно-детерминантный метод), способны составить основу научно-

проработанной классификации биотопов (Василевич, 1995, 1997, 2000-2017; Ипатов, 1998, 1999; Смагин, 2000, 2004, 2007, 2010, 2012; Сумина, 1995, 2012, 2018, и мн.др.).

Данная классификация должна с одной стороны охватывать все разнообразие биотопов Северо-Запада России, в том числе отсутствующих в классификации EUNIS, с другой стороны – позволять осуществлять связь с международным уровнем. Важным фундаментальным и прикладным продуктом проекта будет являться Атлас-определитель биотопов, позволяющий унифицировать грамотную идентификацию биотопов при многих флористических, фаунистических, природоохранных и экспертных работах.

Выделение редких и уязвимых биотопов будет основываться на ряде проработанных и научно обоснованных критериев. Исследование биологической ценности растительных сообществ Ленинградской области на кафедре геоботаники и экологии растений СПбГУ уже ведется. Их выявление, картирование и проработка предложений по приданию охранного статуса будет являться важнейшим практическим выходом данного проекта. В этом плане можно ориентироваться на положительный опыт Белоруссии, где охранный статус выявленных ценных в природоохранном отношении биотопов узаконен «Техническим кодексом установившейся практики». На кафедре геоботаники и экологии растений для отдельных типов местообитаний были разработаны системы сукцессионных рядов, сходящихся к одному устойчивому состоянию. Некоторые сукцессионные системы, особенности их устойчивости и динамики изучены детально (Комолова, Мирин, 1999; Zagidullina, Tikhodeeva, 2006, и др.). Имеющихся наработок и опыта у исследовательского коллектива должно хватить для разработки принципиально нового для классификаций биотопов подхода, учитывающего аллогенные и автогенные сукцессии в экосистемах.

В законодательстве Российской Федерации в сфере охраны и использования природных ресурсов предусмотрен экологически выверенный подход, основанный на неистощительном использовании ресурсов, в соответствии со ст. 3. Федерального закона от 10.01.2002 N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды", ст.1. Лесного кодекса РФ от 04.12.2006 N 200-ФЗ. Однако при принятии решений о фактическом природопользовании приходится ориентироваться на информацию по отдельным ресурсам. Такая ситуация не позволяет применять системный экологический подход как при территориальном планировании, так и при осуществлении хозяйственной деятельности. Биотопический (экосистемный) подход необходим для принятия сбалансированных решений в области использования и сохранения природы, учитывающих синергетический эффект антропогенного воздействия на весь спектр экосистем. Предлагаемое решение задачи позволит рассматривать весь комплекс наземных биотопов лесной зоны России, включая болотные, лесные, луговые, антропогенно-преобразованные, как равнозначные для экологического состояния. В России до настоящего времени наиболее проработаны только лесные биотопы. Однако информация по ним также недостаточна в отношении сведений по редким видам и, главное, по устойчивости к разным формам антропогенной нагрузки состава и строения сообществ с разными характеристиками (тип, сукцессионный статус, занимаемая площадь, связь с окружающими биоценозами по средорегулирующим свойствам и возможности распространения видов).

Основные подходы к выделению и классификации биотопов основываются на признаках состава (набор видов-индикаторов и видов-специалистов) и строения сообществ, выделении ключевых элементов биотопа и оценке их представленности, описании почв, спектральных характеристиках по данным дистанционного зондирования Земли. Эти методы по отдельности активно используются в различных эколого-биологических и эколого-географических исследованиях, эффективность их

показана многочисленными методическими работами. Для анализа распределения биотопов в ландшафте, их связи с режимом нарушений и ценности для сохранения биологического разнообразия используются списки редких видов для каждого описания, данные точного геопозиционирования, методы хранения и анализа информации о многокомпонентных и многофакторных системах в базах данных, методы построения сукцессионных систем ассоциаций. Популяции отдельных видов могут быть привязаны к конкретным биотопам в разной степени, разные биогеохимические процессы охватывают различные площади, поэтому для разных задач требуется систематизация знаний о биотопах в разном масштабе, что может быть решено с применением классификации комплексов биотопов.

*Основные этапы работы и планируемые результаты.*

Этап 1 (2018–2019 гг.). Предварительная классификация биотопов. Обследование ключевых территорий для отработки методик выделения биотопов, определения биологической ценности местообитаний, дешифрирования биотопов по ДДЗ. Разработка детальной программы работ этапа 2. Закупка необходимого оборудования, компьютерных программ и материалов. Результат этапа: список биотопов ключевых территорий и материалы для подготовки методического руководства по выделению и определению природоохранной ценности биотопов. Доклады на научных семинарах по теме проекта.

Этап 2 (2020-2024 гг.). Обследование всех выделенных групп биотопов Ленинградской области, получение предварительных данных по другим регионам Северо-Запада России. Разработка единой информационно-аналитической системы по биотопам в ГИС с подключенной БД. Создание классификации биотопов Ленинградской, Псковской и Новгородской областей, сопряжение ее с EUNIS habitat. Издание методического

руководства по выделению и определению природоохранной ценности биотопов. Издание Атласа-определителя биотопов.

Этап 3 (2025-2030 гг.). Распространение подходов и информационно-аналитической системы на регионы лесной зоны Северо-Запада Европейской части России. Дополнение классификации биотопов, создание классификации комплексов биотопов. Издание атласов редких биотопов обследованных субъектов Российской Федерации.

*Практическая значимость планируемых результатов, возможные области применения*

Результаты могут быть использованы для экологической экспертизы, создания экологических сетей, управления ООПТ, оценки воздействия на окружающую среду, количественной оценки биологических ресурсов, территориального планирования.

Кадастр биотопов будет являться источником актуальной информации о биологическом разнообразии, необходимой как для планирования хозяйственной деятельности, так и для мониторинга биоразнообразия, данные которого могут быть востребованы на местном, региональном, национальном и международном уровнях.

Результаты проекта могут стать основой для разработки научно обоснованных нормативов для практической охраны ценных биотопов и их комплексов. Они могут быть использованы при планировании хозяйственной деятельности, для проектирования и реконструкции экологических сетей, управления системой ООПТ, оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), экологической экспертизы, количественной оценки охотничьих, лесных, земельных и иных биологических ресурсов, территориального планирования. Инвесторы, планирующие финансовые вложения в создание новых и реконструкцию имеющихся промышленных и иных объектов, или планирующих иные виды природопользования, крайне заинтересованы в

информации по биотопам региона и связанным с ними ограничениям хозяйственной деятельности.

Все виды проектов, включающие оценку воздействия на окружающую среду (ОВОС) или раздел природоохранных мероприятий и охраны окружающей среды (ПМ ООС), выполненные на основе разработанного кадастра биотопов, позволят применить меры для значительного снижения негативного воздействия хозяйственной деятельности на биологические ресурсы и иные экосистемные услуги. В частности, интенсивная модель лесного хозяйства, которая принята к внедрению в Северо-Западном регионе с 2018 г, направлена на формирование монокультур с коротким оборотом рубки. Реализация такой модели без сохранения структурной сложности экосистем и их разнообразия приведет к снижению устойчивости лесов и как следствие - падению их продуктивности и экономическому ущербу. Сохранение ценных биотопов и их комплексов в необходимом объеме будет способствовать поддержанию упругой устойчивости лесов, особенно важной в условиях изменяющегося климата.

#### *Обоснование финансирования*

Для выполнения проекта потребуются: профильные специалисты (не менее 15) и специалисты в области ГИС и ИТ (5). Значительный объем полевых исследований предполагает использование наземной внедорожной техники и квадрокоптеров, а также аренду оборудования и оплату услуг (транспорт, анализы почв, торфов, предоставление космоснимков, лесоустроительных материалов и др.). Планируется организация научно-практических семинаров по проекту, участие в международных конференциях.

Общий объем необходимого финансирования на выполнение работ - 130 млн. руб., в т.ч. на этап 2018–2019 гг. – 30 млн.руб., этап 2020–2024 гг. – 40 млн.руб., этап 2025–2030 гг. – 60 млн.руб. Средства будут потрачены на приобретение исследовательского оборудования, приборов, расходных материалов, заработную плату исследователей, командировочные расходы, а также расходы на представление результатов разработок на международных научных мероприятиях и их опубликование.

#### *Обоснование привлечения организаций-исполнителей*

Основным исполнителем может быть определен Санкт-Петербургский государственный университет (структурные подразделения – кафедра геоботаники и экологии растений, кафедра ботаники, кафедра прикладной экологии, кафедра биогеографии и охраны природы). Для работ по выявлению разнообразия растений и растительных сообществ разных биотопов необходимо привлечение Ботанического института им. В.Л.Комарова РАН (лабораторию общей геоботаники), имеющие необходимое для решение этой задачи оборудование и опыт и квалификацию сотрудников. Соисполнитель проекта – кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности Университета ИТМО имеет обширный опыт лабораторной и экспертной оценки воздействия антропогенных факторов на окружающую среду и экосистемы, а также постоянную практику участия в государственных экологических экспертизах и аудитах. Университет ИТМО располагает современной лабораторией и IT специалистами высокого уровня. Коллектив сотрудников СПбГУ, БИН РАН и СПб ИТМО, включает специалистов по экологии и флоре сосудистых растений, разным типам растительности, почвам, проектированию баз данных, геоинформационным системам, имеет большой задел по тематике проекта и достаточную квалификацию для его успешного осуществления.

Апробация в 2017 году предложений по описанным выше, а также по отдельным из ранее выявленных перспективных направлений

фундаментальных исследований в области экологии происходила в рамках X Юбилейной Всероссийской научной экологической конференции школьников и студентов «Вода – источник жизни на Земле» (Санкт-Петербург, 28-31 марта 2017 г.); Научно – практической конференции «Вклад Ленинградской атомной электростанции и предприятий атомной отрасли в решение экологических проблем Ленинградской области и Северо-Запада России» (Санкт-Петербург, 21 апреля 2017 г.); XX молодежного международного экологического БИОС-форума (Санкт-Петербург, 20-22 сентября 2017 г.); Международного молодежного экологического форума «Северная Пальмира» (Санкт-Петербург, 22-23 ноября 2017 г.).

Кроме того, в рамках участия сотрудников СПбНЦ РАН в Рабочем совещании «Практические вопросы сохранения биоразнообразия» Международной ассоциации «ЕАРАЗА» (23-26 июня 2017 г., Москва) в качестве конвенера секции «Финский залив и сопредельные территории» и выступления с докладом (Ю.Н.Бубличенко); выступления с докладом «Aerial survey of waterfowl spring stopovers in the Russian part of the Gulf of Finland» на Международном форуме «The Gulf of Finland Science Days» (9-11 октября 2017 г., Tallinn); выступления с докладом «По ту сторону линии Уоллеса (исследования фауны о. Сулавеси (Индонезия))» на заседании Объединенного научного совета 21 июня 2017 г.

Апробация результатов в 2017 году происходила в публикациях по фундаментальным исследованиям в области экологии:

- 1) Daria Ryabchuk, Vladimir Zhamoida, Marina Orlova, Alexander Sergeev, Julia Bublichenko, Andrey Bublichenko, and Leontina Sukhacheva. Neva Bay: A Technogenic Lagoon of the Eastern Gulf of Finland (Baltic Sea) // Estuaries of the World: The Diversity of Russian Estuaries and Lagoons Exposed to Human Influence. Springer journal., UK, ISBN 978-3-319-43392-9, 2017 2016(2017). P. 191-223. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-43392-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-43392-9_7)

- 2) Бубличенко Ю.Н. Орнитофауна // Природа заказника "Озеро Щучье". СПб, 2017. С. 124-133.
- 3) Бубличенко Ю.Н., Бубличенко А.Г. Биотопическое распределение птиц и млекопитающих // Природа заказника "Озеро Щучье". СПб, 2017. С. 136-137.
- 4) Бубличенко Ю.Н., Бубличенко А.Г. Методы исследований птиц и млекопитающих // Природа заказника "Озеро Щучье". СПб, 2017. С. 123-124.
- 5) Бубличенко Ю. Н. Птицы ООПТ Финского залива // Наука – школе. Вып. VI. СПб, 2017. С. 175-195.
- 6) Bublichenko Julia N., Verevkin Mikhail V. Aerial survey of waterfowl spring stopovers in the Russian part of the Gulf of Finland //From small scales to large scales –The Gulf of Finland Science Days 2017. Tallinn. 2017. P.49

По теме в 2017 г. опубликован сборник научных публикаций «Наука – школе» (VI выпуск), посвященный Году экологии и особо охраняемых территорий России.

## 1.4 Перспективные направления развития в Санкт-Петербурге фундаментальных исследований в области сельскохозяйственных наук

В 2017 году перечень наиболее перспективных направлений фундаментальных исследований в сфере проблем продовольственного обеспечения, осуществляемых в научных организациях Санкт-Петербурга и соответствующих мировым трендам развития науки, значительно расширился. В соответствии с положениями Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642, отраслевыми и региональными стратегиями, а также на основании последних научных достижений как петербургской, так и мировой науки, в 2017 году ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения» подготовлен проект «Теоретически обосновать и разработать фундаментальные основы производства и повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции в условиях Северо-Западного региона РФ с минимальными экологическими рисками».

Он включает пять новых направлений фундаментальных исследований в сфере проблем продовольственного обеспечения, которые могут быть реализованы на базе научных и научно-образовательных организаций Санкт-Петербурга и Ленинградской области, Псковской, Новгородской, Архангельской, Мурманской, Калининградской, Нарьян-Марской областей и Карельской республики.

Ниже приведена краткая информация, содержащая обоснование актуальности исследований и предлагаемого решения.

*Краткий обзор состояния проблемы, ее актуальность, сравнение основных характеристик с отечественным и зарубежным уровнем.*

Современное состояние АПК региона нельзя признать удовлетворительным. За годы экономических преобразований, ориентации на потребление более дешевых импортных продуктов питания, производство сельскохозяйственной продукции в регионе резко сократилось. Посевные площади в регионе уменьшились в 2,3 раза, поголовье крупного рогатого скота в 4.4 раза, снизилась продуктивность пашни, обеспеченность предприятий сельскохозяйственной техникой и другими средствами производства.

Уровень продовольственной независимости региона (отношение собственного производства к потреблению на душу населения) составляет по молоку только 47,0% при 89,3% по РФ, по мясу – 51,6% (76% по РФ), овощам – 47,3% (93,6% по РФ) и лишь по яйцу потребление превышает собственное производство на 17% за счет развития промышленного птицеводства и по картофелю на 29% за счет хозяйств населения. Анализ отечественных данных убедительно доказывает необходимость решения проблемы производства и повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции в условиях Северо-Западного региона РФ.

*Обоснование предлагаемого решения:*

В Государственной программе развития сельского хозяйства РФ предусмотрено увеличение (к уровню 2011 г.) валового производства молока к 2020 г. на 20,7% , мяса в убойном весе – на 27,9%, зерна – на 22,1% и снижение производства картофеля на 2,1%. Однако эти темпы развития АПК не обеспечивают достижения продовольственной безопасности региона. Поэтому в соответствии с Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2017–2025 гг. стратегическим направлением развития АПК Северо-Западного региона РФ на перспективу следует считать увеличение производства сельскохозяйственной продукции, в первую очередь свежей и скоропортящейся для городов, и реализацию социальных функций сельского хозяйства на основе совершенствования инвестиционной

и инновационной деятельности, а также усиления государственной поддержки сельскохозяйственных предприятий разных форм собственности. Индикаторами развития АПК региона могут служить объемы сельскохозяйственной продукции, достаточные для 90% уровня обеспечения населения СЗФО продуктами питания в соответствии с рекомендованными медицинскими нормами их потребления.

Для достижения индикаторных показателей объем валовой продукции собственного производства необходимо увеличить по отношению к 2012 г. по молоку в 2,3 раза, мясу – 1,7 раза, объемистым кормам – 4 раза, зерну – 6,8 раза при полной обеспеченности им потребностей животноводства или в 4,8 раза за счет включения в рационы завозимой кукурузы. При этом требуется сократить удельные затраты ресурсов, обеспечить экологическую устойчивость среды, повысить уровень социальной защиты сельского населения, для чего в полной мере должны быть задействованы и использованы достижения науки, разработаны новые решения важнейших проблем агропромышленного производства в новых условиях. Ранее при выполнении научных исследований в рамках бюджетного финансирования были получены конкретные научно-технические результаты, которые уже сегодня осваиваются в АПК региона. Однако с учетом поставленных стратегических направлений развития АПК необходимо продолжить исследования для получения новых знаний в области производства и переработки продовольствия, которые позволят обеспечить достижение индикаторных показателей и решить проблему импортозамещения сельскохозяйственной продукции.

#### *Основные этапы работы и планируемые результаты*

Учеными Северо-Западного региона РФ сформирован план фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по научному обеспечению производства сельскохозяйственной продукции и продовольствия в Северо-Западном регионе и Арктической зоне РФ, который

базируется на указе Президента РФ от 21 июля 2016 г. (№350) и стратегии научно-технологического развития РФ (указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г.

Этапы работы:

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 продовольственной безопасности РФ;

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;

3) 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;

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;

5) 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, экономию энергоресурсов, повышение качества и безопасности продукции.

По каждому из пяти указанных в плане направлений предложены методы, которые могут быть обеспечены для достижения целей исследований, описание ожидаемых результатов, а также примерная стоимость работ и выбор соисполнителей.

1) Важность создания научных основ политики в аграрном секторе экономики Северо-Западного региона связана с тем, что появились новые угрозы и риски, возникли современные методы стратегического планирования. Произошли большие изменения в структуре земель, связанные с развитием рыночных отношений. Сформировались другие интеграционные и кооперационные механизмы, усовершенствовались организационно-экономический механизм развития инновационной и инвестиционной деятельности в агропромышленном комплексе. Развились социальные отношения, связанные с сельскими поселениями. Все эти новые явления нуждаются в осмыслении и применении к научным основам аграрной политики в Северо-Западном регионе.

Выполнение этого проекта рассчитано до 2021 года. Помимо Северо-Западного Центра междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения (СЗЦППО) в проекте принимают участие Северо-Западный научно-исследовательский институт экономики и организации сельского хозяйства (СЗНИЭСХ), Псковский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Псковский НИИСХ), Архангельский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Архангельский НИИСХ), Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (СПбГАУ), Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого.

Запрашиваемое финансирование на выполнение проекта 80 млн. руб.

Ожидаемые результаты научных основ региональной политики в аграрном секторе экономики Северо-Западного региона:

- выявление рисков и угроз устойчивого развития АПК;
- методы экономического прогнозирования и стратегического планирования;
- научно-обоснованные механизмы совершенствования рыночных отношений, интеграционных и кооперационных процессах;
- усовершенствованные методы формирования организационно-экономического механизма развития инновационной и инвестиционной деятельности в АПК;
- методология и эффективные формы развития сельских территорий, социальных и экономических отношений на селе;
- методы и эффективные механизмы управления земельными ресурсами в АПК.

2) Значимость разработки фундаментальных основ земледелия и мелиорации нового поколения связана с современными методами оценки ресурсного потенциала сельской местности и новых норм антропогенной нагрузки. Нужно учитывать и изменение структуры посевных площадей и усовершенствование методов применения удобрений. Кроме того, преобразуются агротехнологии, возникают технологии ресурсосбережения, совершенствуются методы мониторинга почв и оценки их агроэкологического состояния, разрабатываются новые приемы восстановления мелиорированных земель.

Выполнение проекта рассчитано до 2026 года. В проекте принимают участие кроме СЗЦППО Агрофизический научно-исследовательский институт (АФИ), Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ), Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка»

(Ленинградский НИИСХ), Псковский, Архангельский, Новгородский, Калининградский научно-исследовательские институты сельского хозяйства (НИИСХ).

Запрашиваемое финансирование проекта 450 млн.руб.

Ожидаемые результаты:

- методология формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий нового поколения для условий Северо-Западного региона Российской Федерации на основе точных методов оценки ресурсного потенциала агроландшафтов и нормирование антропогенной нагрузки; совершенствования структуры посевных площадей, приемов обработки почвы, системы применения минеральных, микробиологических, и известковых удобрений; ресурсосберегающих агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур различной интенсивности для получения заданного количества и качества сельскохозяйственной продукции;

- методы мониторинга почв и оценки их агроэкологического и мелиоративного состояния для ведения сельского хозяйства;

- 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.

3) Актуальность разработки научных основ и новых способов повышения продукции растениеводства связана с глобальным изменением климата, с модификациями биоинженерных технологий для получения новых форм растений, с усовершенствованием технологий ДНК маркирования.

Проект рассчитан до 2030 года. К его разработке Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения привлекает Всероссийский институт генетических ресурсов

растений им. Н.И.Вавилова (ВИР), Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР), Агрофизический институт (АФИ), Ленинградский, Псковский, Архангельский, Новгородский, Калининградский научно-исследовательские институты сельского хозяйства (НИИСХ), Карельскую государственную сельскохозяйственную опытную станцию (ГСХОС), Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (СПбГАУ), Вологодскую государственную молочно-хозяйственную академию им. Н.В.Верещагина (ВГМА), Великолукскую государственную сельскохозяйственную академию (ВГСХА).

Проект рассчитан до 2030 года, его финансирование – 950 млн. руб.

Ожидаемые результаты:

- научные основы управления селекционным и семеноводческим процессами на Северо-Западе Российской Федерации, базирующиеся на целенаправленном использовании генетических ресурсов растений, эффективных биоинженерных технологиях 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, обеспечивающих гарантированное повышение урожайности сельскохозяйственных культур в условиях меняющегося климата.;

- научные основы и принципы формирования ресурсосберегающих точных технологий возделывания экономически значимых сельскохозяйственных культур, конструирование агрофитоценозов и агроэкосистем для условий Северо-Запада и Арктической зоны Крайнего Севера Российской Федерации.

4) Разработка методологии повышения эффективности производства продукции животноводства в аграрно-производственном комплексе Северо-Западного региона Российской Федерации связана с созданием новых

конкурентоспособных селекционных форм сельскохозяйственных животных, обладающих высоким генетическим потенциалом.

В проекте должны принимать участие Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных (ВНИИГРЖ), Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (ВНИВИП), Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП), Северо-Западный научно-исследовательский институт молочного и лугопастбищного хозяйства (СЗНИИМЛПХ), Архангельский, Псковский, Новгородский, Калининградский научно-исследовательские институты сельского хозяйства (НИИСХ), Мурманская, Карельская и Нарьян-Марская государственные сельскохозяйственные опытные станции (ГСХОС), Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (СПбГАВМ), Вологодская государственная молочно-хозяйственная академия им. Н.В. Верещагина (ВГМА).

Проект рассчитан до 2030 года. Финансирование проекта – 750 млн. руб.

Ожидаемые результаты:

- методы эффективного использования генофонда и управления селекционным процессом, обеспечивающие создание для Северо-Запада Российской Федерации новых генотипов, пород и кроссов сельскохозяйственных животных, птиц, насекомых;

- новые ресурсосберегающие, экологически безопасные технологии содержания и кормления животных, обеспечивающие в условиях Северо-Западного региона и Арктической зоны Европейского Севера России повышение продуктивности животных, улучшение качества, увеличение объемов производства животноводческой продукции и её конкурентоспособности;

- новые эффективные 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;

- 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 России.

5) Актуальность разработки научных основ и новых эффективных методов и технологий хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья связана с необходимостью обеспечивать интенсификацию технологических процессов, экономию энергоресурсов, повышение качества и безопасности продукции.

В проекте принимают участие Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – филиал Федерального центра пищевых систем им. В.М. Горбатова (ВНИИПД), Институт холода и технологий Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова (ПСПбГМУ), Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (СПбГПМУ), Мурманская и Нарьян-Марская государственные сельскохозяйственные опытные станции (ГСХОС).

Ожидаемые результаты:

- улучшенные технологии глубокой, энергосберегающей переработки сельскохозяйственного сырья в продукты питания и корма для животноводства, позволяющие интенсифицировать производство, повысить качество и безопасность продукции;

- методы и способы создания комплексных конкурентоспособных пищевых добавок, ферментных и микробных препаратов комплексного действия для повышения пищевой и биологической ценности продуктов питания и агросырья;

- научные основы создания технологий производства нового поколения пищевых продуктов функциональной направленности для населения региона на основе принципов пищевой комбинаторики и новых биотехнологических приемов;

- новые виды продуктов для различных групп населения и нормативная документация.

*Ожидаемые результаты от реализации всего проекта*

- экономико-математические и прогностические модели, прогнозы, стратегии и организационно-экономические механизмы эффективного развития и регулирования сельскохозяйственного производства в АПК Северо-Западного региона РФ;

- новые высокопродуктивные сорта картофеля, зерновых, зернобобовых, кормовых, овощных, масличных и плодово-ягодных культур и генотипы, породы и кроссы сельскохозяйственных животных, птиц, насекомых, адаптированные к неблагоприятным климатическим условиям региона;

- инновационные технологии, методические пособия и руководства по эффективному ведению сельскохозяйственного производства и рациональному природопользованию с учетом региональных особенностей;

- технологические регламенты, схемы, проекты и комплекты типовой технологической документации производства и переработки высококачественной, конкурентоспособной, экологически безопасной продукции животноводства, растениеводства, кормопроизводства и отраслей традиционного природопользования;

- новые изделия, средства механизации, автоматизации, системы машин приспособления, устройства для машинно-технологической модернизации АПК региона с учетом зональных климатических особенностей;

- новые биологические препараты, кормовые добавки, штаммы микроорганизмов, для эффективной защиты растений и животных от болезней и вредителей различных этиологий и получения безопасной, высококачественной и доступной продукции.

*Практическая значимость планируемых результатов, возможные области применения:*

Реализация программы исследований будет способствовать повышению эффективности использования природного и производственно-экономического потенциала и, прежде всего, земли, основных фондов, трудовых, материальных и финансовых ресурсов, а также созданию устойчивых экономических условий для развития всех отраслей АПК Северо-Западного региона России.

*Обоснование финансирования и ресурсного обеспечения:*

На выполнение программы исследований на период 2017–2030 гг. потребуется не менее 2730 млн. рублей.

*Кадры и их подготовка:*

Научный потенциал исполнителей представлен академическим составом РАН, а также докторами и кандидатами наук.

*Предложения по организациям, привлекаемых для проведения проектов и научный руководитель:*

Реализация программы исследований предполагает коллаборацию на базе СЗЦППО научных учреждений ФАНО России, расположенных в Северо-Западном регионе РФ (ВИР, ВИЗР, ВНИИСХМ, АФИ, ВНИИГРЖ, ВНИВИП, ВНИИПД, ВНИИЖ, ИАЭП, СЗНИИМЛПХ, СЗНИИЭСХ, Архангельский, Ленинградский, Псковский, Новгородский и

Калининградский НИИСХ, Карельская, Мурманская и Нарьян-Марская ГСХОС), а также аграрных вузов региона (СПбГАУ, Новгородский государственный университет им. Я. Мудрого, СПбГАВМ, ВГСХА, ВГМА им. Н.В. Верещагина) и научных учреждений г. Санкт-Петербурга (Институт холода и биотехнологий, ПСПбГМУ им. академика И.П. Павлова, Северо-Западный Государственный медицинский университет им. И.И.Мечникова, СПбГПМУ).

Научный руководитель проекта программы – член-корреспондент РАН Лайшев К.А., в.и.о. директора СЗЦПО.

## 1.5 Апробация проведенных научных исследований в 2017 году

Апробация предложений, сформированных в рамках актуальных перспективных направлений фундаментальных исследований физико-математических наук, проходила на заседаниях Объединенного научного совета по физико-математическим наукам, на которых обсуждались перспективные направления развития фундаментальных научных исследований в области математики и физики.

Кроме того, в.н.с., д.ф.-м.н. И.А. Митропольским осуществлена публикация статьи (Дьяченко А.Т., Митропольский И.А. Неравновесное уравнение состояния для ядерных столкновений как результат применения эвристического подхода в физике // Проблемы математической и естественно-научной подготовки в инженерном образовании. Т.2. / ФГБОУ ВО ПГУПС. СПб., 2017. С. 72-80).

Апробация предложений, сформированных в рамках актуальных перспективных направлений фундаментальных исследований в области материаловедения, механики, прочности, проходила в рамках XLV Международной летней школы – конференция «Актуальные проблемы механики – 2017 (АПМ-2017)», «Advanced Problems in Mechanics (APM-2017)», 22-27 June, St.Petersburg, Russia; XIII Международной научно-практической конференции «Комплексная безопасность и физическая защита» и VI Мемориального семинара профессора Б.Е. Гельфанда, 24-26 октября 2017 г., Санкт-Петербург; XXVII Международной конференции «Математическое и компьютерное моделирование в механике деформируемых сред и конструкций. Основы статического и динамического разрушения» (МСМ-2017), 25-27 сентября 2017 г., Санкт-Петербург. Кроме того, апробация проходила на заседаниях Объединенного научного совета и его Научных секций, на заседаниях научного семинара, сформированного на его базе, на которых члены Объединенного научного совета по проблемам

материаловедения, механики, прочности, научные руководители предложенных проектов представили и обсудили сообщения по теме проведенных исследований.

По результатам заслушанных на Совете докладов по отдельным перспективным направлениям фундаментальных исследований и их всестороннего обсуждения подготовлен и издан сборник научных публикаций «Физико-химические аспекты предельных состояний и структурных превращений в сплошных средах, материалах и технических системах». (СПб: Политехника, 2017. – 229 с.)

По теме исследования ученым секретарем Объединенного научного совета по проблемам материаловедения, механики, прочности, к.х.н. Пименовой Т.Ф. были осуществлены, в том числе и в соавторстве, следующие публикации:

1) Петров Ю.В., Смирнов В.И., Атрошенко С.А., Пименова Т.Ф. Состояние и перспективы развития исследований в области экстремальных состояний в материалах, конструкциях и сплошных средах // Физико-химические аспекты предельных состояний и структурных превращений в сплошных средах, материалах и технических системах. Под ред . чл.-корр. РАН Ю.В. Петрова / СПб.: Политехника, 2017 С. 9-19.

2) Пименова Т.Ф., Сибаров И.Д. О работе Объединенного научного совета по проблемам материаловедения, механики, прочности // Физико-химические аспекты предельных состояний и структурных превращений в сплошных средах, материалах и технических системах. Под ред . чл.-корр. РАН Ю.В. Петрова / СПб: Политехника, 2017. С. 218-227.

Апробация предложений, сформированных в рамках актуальных перспективных направлений фундаментальных исследований в области химических наук проходила на Международной конференции «Стекло: наука и практика» (GlasSP2017), Санкт-Петербург, 6-8 июня 2017 г.; Всероссийской междисциплинарной научно-практической конференции «IV Феодосийские

научные чтения», Феодосия, 25-27 мая 2017 г., на которой с.н.с., к.х.н. Т.А. Цыгановой сделан совместный секционный доклад. Ею подготовлены и сданы в печать тезисы выступлений.

Апробация предложений, сформированных в рамках актуальных перспективных направлений фундаментальных исследований в области информатики, управления и телекоммуникаций проходила в рамках X-ой Санкт-Петербургской межрегиональной конференции «Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2017)», Санкт-Петербург, 25-27 октября 2017 г.; Восьмой всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2017, Санкт-Петербург, 18-20 октября 2017 г.; III-ей Межрегиональной научно-практической конференции «Перспективные направления развития отечественных информационных технологий», Санкт-Петербург, 19-21 октября 2017 г.; 25-ой юбилейной международной конференции по параллельной, распределенной и сетевой обработке информации (PDP-2017), Санкт-Петербург, 6-8 марта 2017 г.; 3-ей Международная школа для молодых ученых «Управление инцидентами и противодействие целевым киберфизическим атакам в распределенных крупномасштабных критически важных системах», Санкт-Петербург, 27-29 ноября 2017 г.; VII-ой Всероссийской научно-практической конференции «Нечеткие системы, мягкие вычисления и интеллектуальные технологии – 2017» (НСМВ-2017), Санкт-Петербург, 3-12 июля 2017 г.

Кроме того, по теме исследования с.н.с. В.С. Марковым сделан секционный доклад на 3 X-ей Санкт-Петербургской межрегиональной конференции «Информационная безопасность регионов России (ИБРР – 2017)», на основе которого опубликованы тезисы: Марков В.С., Сидоренко Т.В. Защита информации от скрытых угроз в среде облачных технологий // Труды X Санкт-Петербургской межрегиональной конференции

«Информационная безопасность регионов России (ИБРР – 2017)» (г. Санкт-Петербург, 1-3 ноября 2017 г.). СПб.: СПОИСУ, 2017. С. 104-105.

Апробация предложений, сформированных в рамках актуальных перспективных направлений фундаментальных исследований в области наук о Земле, проходила в рамках 5-ой Молодежной конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2017), Санкт-Петербург, 24 октября 2017 г.; 22-ой Международной конференции «Школа морской геологии», Санкт-Петербург, 20-24 ноября 2017 г.

Кроме того, в.н.с., д.г.-м.н. В.М. Анохиным по теме исследования сделаны устные доклады «Особенности геоморфологии Магеллановых гор (Тихий океан)», «Эколого-геологическое районирование дна Баренцева и Карского морей и его связь с эндогенными процессами в регионе» и два стендовых доклада «Эколого-геологическое районирование дна Баренцева и Карского морей и его связь с эндогенными процессами в регионе» и «Классификация техногенные фаций дна морских акваторий» на 22-ой Международной конференции «Школа морской геологии», а также осуществлены публикации

- 1) Холмянский М.А., Анохин В.М., Заносов О.Ю., Карташев А.О. Глобальные климатические процессы как доминирующий фактор изменения природной среды Арктики // Экология промышленного производства. 2017. №1. С. 53-58. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29257335>
- 2) Анохин В.М., Уличев В.И., Дудакова Д.С., Дудаков М.О. Геоморфологические особенности берегов ладожского озера по результатам полевых работ с применением беспилотного летательного аппарата // География: развитие науки и образования: Коллективная монография по материалам Международной научно-практической конференции LXX Герценовские чтения. 2017. С. 118-124. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30521809>

- 3) Холмянский М.А., Анохин В.М. Связь типов криолитозоны Западно-Арктического шельфа // Проблемы Арктики и Антарктики, № 2. СПб, 2017. С. 85-95. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30103363>

Апробация предложений, сформированных в рамках актуальных перспективных направлений фундаментальных исследований в области гуманитарных и общественных наук проходила в рамках Научных чтений «Актуальные вопросы истории науки: к 90-летию А. В. Кольцова», 27 июня 2017 г.; Международной конференция ISA Interim Workshop RC23 “Using Science Policy to Facilitate Innovation, Excellence and Global Cooperation”, 18-19 сентября 2017 г.; XXXIII сессии Международной школы социологии науки и техники им. С.А. Кугеля «Научно-технологическая политика: метрики, акторы и практики», 20-22 сентября 2017 г.; XXXVIII годичной международной научной конференции «Наука и революция (к 100-летию революции 1917 г. в России)», 30 октября – 3 ноября 2017 г.; Круглого стола «Качество жизни населения и окружающей среды в мегаполисе: вклад научного сообщества», 17 ноября 2017 г.

По теме проведенных исследований с.н.с., к.и.н. Е.А. Ивановой сделаны доклады «Некоторые итоги реформы Российской академии наук» на XXXIII сессии Международной школы социологии науки и техники им. С.А. Кугеля «Научно-технологическая политика: метрики, акторы и практики» и «Опыт Научной программы СПбНЦ РАН (2000–2013гг.)» на XXXVIII годичной международной научной конференции Санкт-Петербургского отделения Национального комитета по истории и философии науки и техники Российской академии наук «Наука и революция (к 100-летию революции 1917 г. в России)».

Кроме того, издана монография «Санкт-Петербургский научный центр: исторический взгляд и перспективы». СПб.: Изд-во «Европейский Дом», 2017. – 360 с.

Подготовлены и сданы в печать:

- 1) Иванова Е. А. Опыт Научной программы СПбНЦ РАН (2000–2013гг.) // Наука и техника: Вопросы истории и теории. Материалы XXXVIII годичной международной научной конференции Санкт-Петербургского отделения Национального комитета по истории и философии науки и техники Российской академии наук «Наука и революция (к 100-летию революции 1917 г. в России)». Вып. XXXIII. СПб.: СПбФ ИИЕТ РАН, 2017.
- 2) Иванова Е. А. Публикационная активность петербургских академических институтов в 2006–2010 и в 2014–2016 гг. // Проблемы деятельности ученого и научных коллективов: Международный ежегодник. Вып. 3(33). Материалы XXXIII сессии Международной школы социологии науки и техники им. С.А. Кугеля «Научно-техническая политика: метрики, акторы и практики». СПб., 2017. С. 171-180.

## 2 Перечень вновь выявленных или уточненных направлений мероприятий проекта программы фундаментальных научно-исследовательских работ на период до 2030 года

Детальный план-график реализации государственной программы на очередной финансовый год и плановый период годы  
(в соответствии с Указом Президента РФ «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации»)

N п/п	Наименование подпрограммы, ВЦП, основного мероприятия, мероприятия ФЦП, контрольного события программы	Статус*(1)	Ответственный исполнитель (ФИО, должность, организация)*(2)	Ожидаемый результат реализации мероприятия	Срок начала реализации	Срок окончания реализации (дата контрольного события)	Код бюджетной классификации*(3)	Объем ресурсного обеспечения, тыс. руб. *(4)														
								текущий год 2017	очередной год 2018	второй год планового периода 2019	2020	2021	2021	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
	Всего по государственной программе	X		X			X															
	Подпрограмма	X		X			X															
б) Приоритетные научные исследования, которые обеспечат переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии																						
1	Разработка основ создания турбогенераторных установок расширенного мощностного ряда, использующих концепцию комплексной утилизации энергоресурсов газотранспортной системы России		Академик РАН, президент Санкт-Петербургского Политехнического университета Петра Великого, проф.Федоров М.П.		2017	2030																
	1. Обзор, состояние развития и сравнительный анализ автономных источников электрической энергии для газотранспортной системы России. Патентный поиск. 2. Анализ и обоснование необходимой электрической энергии на собственные нужды и возможности выработки электрической энергии основными составляющими газотранспортной системы России, в том числе и для внешних потребителей. 3. Обзор и анализ энергетического потенциала для утилизации тепловой энергии на выходе газотурбинных установок (ГТУ) газоперекачивающих станций (ГПС).			Анализ и обоснование количества необходимой электрической энергии на собственные нужды для основных составляющих газотранспортной системы России. Определение возможности выработки электрической энергии основными составляющими газотранспортной системы России для собственных нужд и внешних потребителей. Анализ различных авто-	2017	2020		6000	8000	5000	5000											



				вающих станций. Результаты оценки возможностей выработки электрической энергии газотурбинными установками газоперекачивающих станций за счёт использования тепла уходящих газов.																	
	4. Анализ тепловых схем турбогенераторов электрической энергии, использующих энергию сжатого природного газа. выбор и обоснование режимных и параметров. 5. Тепловые схемы комбинированных установок с утилизационными паротурбинными установками, использующих теплоту уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций и методологическое обеспечение для их расчётного исследования. 6. Результаты расчётного исследования тепловых схем комбинированных установок с утилизационными паротурбинными установками, использующих теплоту уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций.			Результаты анализа тепловых схем турбогенераторов электрической энергии, использующих энергию сжатого природного газа. выбор и обоснование режимных и параметров. Разработка тепловых схем и разработка методов расчёта комбинированных установок с утилизационными паротурбинными установками, использующими теплоту уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций. Выбор режимных параметров и геометрических характеристик утилизационных паротурбинных установок, использующих теплоту уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций.	2020	2025					8000	8000	5000	5000	10000						
	7. Выбор, обоснование типов и характеристик основных элементов. турбогенераторов электрической энергии, использующих энергию сжатого газа. 8. Основные принципы проектирования расширительных турбин для турбогенераторов электрической энергии, использующих энергию сжатого природного газа.			Разработка основных этапов проектирования расширительных турбин для турбогенераторов электрической энергии, использующих энергию сжатого природного газа.	2026	2026										12000					

	того природного газа. 9. Основные этапы создания утилизационных паровых турбин, использующих теплоту уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций.			Разработка основных этапов проектирования утилизационных паротурбинных установок, использующих теплоту уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций.																	
	10. Теоретическое исследование физической структуры потока и характеристик расширительной малорасходной турбины турбогенератора с помощью численных методов. 11. Теоретическое исследование характеристик и физической модели структуры потока в проточной части утилизационных паровых малорасходных турбин, работающих на органических рабочих телах с помощью 3-х мерных численных методов.			Результаты проведения численного эксперимента в трёхмерной постановке расширительной турбины турбогенератора с целью изучения физической картины течения рабочего тела в проточной части и оценки характеристик расширительной турбины; Результаты физической картины течения рабочего тела в проточной части и оценки характеристик малорасходных турбин утилизационных паротурбинных установок.	2027	2027											6000				
	12. Экспериментальные и натурные исследования расширительных турбин турбогенераторов и микротурбогенераторов электрической энергии, использующих энергию сжатого природного газа. 13. Экспериментальные и натурные исследования моделей и объектов утилизационных паровых малорасходных турбин . Сравнение с расчётными результатами.			Создание исследовательской базы и технологического оборудования для проведения экспериментальных исследований и натурных испытаний. Разработка методик проведения испытаний и обработки экспериментальных данных. Проведение расчётно-экспериментальных исследований расширительной турбины, газодинамических подшипников и высокооборотного электрогенератора	2028	2029												10000	10000		

				<p>унифицированных турбогенераторов.</p> <p>Обобщение экспериментальных характеристик исследованных МРТ разного типа с целью использования таких турбин в турбинных генераторах.</p> <p>Создание научно-исследовательской базы и технологического оборудования для проведения экспериментальных исследований малорасходных турбин утилизационных паротурбинных установок.</p> <p>Разработка методик проведения испытаний и обработки экспериментальных данных.</p> <p>Проведение расчётно-экспериментальных исследований малорасходных турбин утилизационных паротурбинных установок.</p>																	
	<p>14. Разработка и практическая реализация турбогенераторов, использующих энергию сжатого природного газа для газотранспортной системы России, в том числе для внешних потребителей.</p> <p>15. Разработка и практическая реализация комбинированных установок с утилизационными паротурбинными установками, использующими теплоту уходящих газов газотурбинных установок газоперекачивающих станций для автономной выработки электроэнергии, в том числе, на собственные нужды.</p>			<p>Конструкции опытных образцов малорасходных турбин и утилизационных паротурбинных установок турбогенераторов для газотранспортной системы.</p>	2030	2030															10000
2	<p>Исследование, разработка и создание электромашинных маховичных накопителей энергии для применения в электрических сетях, на транспорте и в авиации.</p>		<p>Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института электрофизики и</p>		2017	2030															



				ного волокна и/или новых пластмасс для применения в авиации.																
в) Приоритетные научные направления, которые обеспечат переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения, в том числе за счет рационального применения лекарственных препаратов (прежде всего антибактериальных)																				
3	Разработка на основе моноклональных антител против эндоглина (CD105) препаратов для визуализации сосудистой сети солидных новообразований методами иммуносцинтиграфии и иммуно-ПЭТ	-	Климович В.Б., профессор, д.м.н., руководитель лаборатории гибридной технологии, ФГБУ «РНЦРХТ» МЗ РФ	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.	2018	2021	0908 0130290059		10860,8	12250,6	13536,8	14890,6								
4	Разработка и исследование нового лекарственного препарата, содержащего наноразмерные магнитные частицы для лечения злокачественных опухолей методами рентгеноэндovasкулярной окклюзии сосудов опухолей и высокоэффективной гипертермии.		Гранов А.М., академик РАН, д.м.н., профессор, директор ФГБУ «РНЦРХТ» МЗ РФ	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	2017	2029	0908 0130290059		12334,2	14161,5	11715,2	13800,9	14239,9	14951,9	20699,5	16484,4	17308,7	18174,1	19082,8	20036,9

				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 рентгеноэндоваскулярной окклюзии сосудистой системы рака почки. Получить регистрационное удостоверение на препарат. Создать производство препарата и метода лечения больных с онкологическими заболеваниями паренхиматозных органов.																	
5	Разработка предсказательного маркера эффективности лучевой и химиолучевой терапии больных злокачественными новообразованиями		Корытова Л.И., з.д.н., профессор, д.м.н., заместитель директора Центра по лучевой терапии; Иванов С.Д., профессор, д.м.н., руководитель группы биотестирования радиационно-химических факторов; Давыдов М.И. – директор РОНЦ им. Н.Н.Блохина РАН, Каприн А.Д. – директор ФГБУ «РНЦ ретгенорадиологии» МЗ РФ; Опалев А.А. – директор	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	2018	2030			4764,4	5097,9	5690,2	6088,5	6514,7	6970,7	7458,6	7650,6	8186,1	8759,2	9372,3	10028,4	10730,4

			Всероссийского научно-исследовательского и конструкторского института медицинской лабораторной техники (ВНИКИ МЛТ).	путем анализа крови. Индивидуальный отбор онкологических больных для использования стандартных схем ХЛТ, повышение эффективности лечения. Статьи в журналах, монография. Автоматизация определения предсказательного показателя.																	
6	Радиационный гормезис. Обоснование нового механизма и практические следствия	-	Шутко А.Н., профессор, д.м.н., руководитель лаборатории повышения эффективности лучевой терапии, ФГБУ «РНЦРХТ» МЗ РФ; Балонов М.И., профессор. Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. профессора П. В. Рамзаева; Башарин В.А., профессор, главный токсиколог-радиолог Министерства обороны РФ, кафедра военной токсикологии и медицинской защиты. Военная медицинская академия им. С.М.Кирова.	Новая теория гормезиса 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.	2018	2021	0908 0130290059		1597,2	1320,0	1452,0	1597,2									
7	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		ФАНО: ИЭФБ РАН директор д.б.н. М.Л. Фирсов; зам директора 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	2017	2030		32000	33600	35280	37044	38896	40841	42883	45027	47278	49642	52124	54730	57467	60340

				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.																
8	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		Розенберг О.А., профессор, д.м.н., руководитель лаборатории медицинской биотехнологии, ФГБУ «РНЦРХТ» МЗ РФ	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;	2018	2020	0908 0130290059		8307,4	8038,2	8841,9									

				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.																		
9	Разработка и клиническая апробация мультипараметрической панели иммунодиагностики сепсиса при обширных ожогах и комбинированных механо-ожоговых поражениях		ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова Начальник академии член-корреспондент РАН А.Н. Бельских	Будут разработаны оригинальные технологии ранней иммунодиагностики сепсиса при обширных ожогах и комбинированных механо-ожоговых поражениях	2018	2030			6500	6500	4000	2000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
10	Разработка технологий получения и создание клеточного продукта для регенеративной и иммунной терапии ран		ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова Начальник академии член-корреспондент РАН А.Н. Бельских	Разработка технологии получения и создание готового к применению в медицине клеточного продукта для лечения ран.	2018	2030			34296	42824	21384	22986	16650	46000	31065,6	32065,6	64432	40432	30432	30432	30432	30432
11	Создание тканеинженерных конструкций кости и хряща с помощью 3D биопринтирования		ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова Начальник академии член-корреспондент 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 забо-	2018	2030			11920,3	11920,3	35767	35767	35767	35767	35767	35767	35767	35767	35767	35767	35767	35767

				леваний.																	
12	Создание искусственных аналогов кожи с использованием трёхмерной биопечати		ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова Начальник академии член-корреспондент 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.	2017	2030		12008,3	12008,3	12008,3	36025	36025	36025	36025	36025	36025	36025	36025	36025	36025	36025
13	Разработка технологий иммунодиагностики и персонализированной клеточной иммунотерапии эндометриоза.		ФГБВОУВО ВМедА им. С.М. Кирова Начальник академии член-корреспондент РАН А.Н. Бельских	Будут разработаны оригинальные технологии ранней иммунодиагностики эндометриоза и клеточный продукт для цитокиновой ex vivo генной терапии эндометриоза	2017	2030		4320	12960	15000	15000	8000	8000	20000	28633,6	28633,6	34000	34000	34000	34000	34000

14	Создание биомедицинского клеточного продукта с использованием клеток кожи для лечения кожных ран.		Калмыкова Наталья Владимировна, к.б.н., заведующая лабораторией клеточных медицинских технологий ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России	На медицинский рынок будет выведен доступный биомедицинский клеточный продукт длительного срока хранения и широкого использования для заживления 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.	2018	2022			1500	2100	2200	2200	1000										
15	Разработка бесклеточного коллаген-эластинового аллогенного дермального матрикса.		Панов Артур Вадимович, врач-хирург отделения ожогового ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России.	На медицинский рынок будет выведен имплант – бесклеточный эквивалент дермального слоя кожи длительного срока хранения и широкого использования для реконструктивно-пластической хирургии дефектов мягких тканей	2018	2024			2000	3000	2000	2200	1000	1000	2500								
16	Разработка инструментария и построение архитектуры для распределенной обработки и анализа данных комплексного исследования мозга		Залуцкая Н.М., к.м.н., доцент, ведущий научный сотрудник, ФГБУ «СПб НИПНИ им. В.М. Бехтерева» Минздрава России	Консолидированное представление данных исследования мозга; применение методов алгоритмической обработки и анализа данных в полуавтоматическом режиме; создание модели консолидации разнородных данных, реализованной в распределенной системе для обработки и анализа данных. Создание пользовательского интерфейса для	2017	2030		10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000



				<p>мощи с учетом региональных географических, демографических, эпидемиологических, ресурсных и кадровых особенностей.</p> <p>Выпуск трех аналитических сборников с анализом заболеваемости психическими расстройствами. 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>																		
18	Персонализированная оценка эффективности антипсихотической терапии на основе гаплотипического анализа генов фармакокинетических и фармакодинамических факторов		<p>Насырова Р.Ф., д.м.н., руководитель отделения персонализированной психиатрии, ФГБУ «СПб НИПНИ им. В.М. Бехтерева» Минздрава России</p> <p>Иванов М.В., д.м.н., профессор, руководитель отделения биологической терапии психически больных, ФГБУ «СПб НИПНИ им. В.М. Бехтерева» Минздрава России</p>	<p>Предлагаемое исследование позволит принципиально изменить подход к подбору антипсихотического препарата, решению о его замене или отмене.</p> <p>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</p>	2017	2030		26200	17250	17170	35550	15700	15700	15700	15700	15700	15700	15700	15700	15700	15700	15700



19	Исследование анатомических и функциональных коннектотипов мозга человека в норме и при ряде психических заболеваний		Ананьева Н.И., д.м.н., профессор, руководитель отделения клинической и лабораторной диагностики, нейрофизиологии и нейровизуальных исследований, ФГБУ «СПб НИПНИ им. В.М. Бехтерева» Минздрава России	Предлагаемое комплексное исследование поможет выявить и описать как наличие вариантов строения структур головного мозга, ответственных за обеспечение произвольного внимания, так и вариабельность типов коркового реагирования в норме, соотнести их с морфо-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	2017	2030		1000	1100	3000	2000	2000	2000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
----	---	--	---	--	------	------	--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

г) Приоритетные научные исследования, которые обеспечат 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																				
20	Теоретически обосновать и разработать фундаментальные основы производства и повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции в условиях Северо-Западного региона РФ с минимальными экологическими рисками.				2017	2030														
	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 продовольственной безопасности РФ.		СЗЦПО СЗНИЭСХ Псковский НИИСХ Архангельский НИИСХ СПбГАУ Новгородский государственный университет им. Я. Мудрого	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 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.	2018	2021			18000	19000	21000	22000								

	<p>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</p>		<p>СЗРНЦ ВНИИГРЖ ВНИВИП ИАЭП СЗНИИМЛПХ Архангельский НИИСХ Псковский НИИСХ Новгородский НИИСХ Калининградский НИИСХ Мурманская ГСХОС Карельская ГСХОС Нарьян-Марская ГСХОС СПбГАВМ ВГМА им.Н.В. Верещагина</p>	<p>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 сельскохозяйственной продукции. 2. Методы мониторинга почв и оценки их агроэкологического и мелиоративного состояния для ведения сельского хозяйства. 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>	2018	2026			46000	47000	48000	49000	50000	51000	52000	53000	54000				
--	---	--	--	--	------	------	--	--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--	--	--	--

	<p>3. 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 ВИР ВИЗР АФИ ВНИИСХМ Ленинградский НИИСХ «Белогорка» Псковский НИИСХ Архангельский НИИСХ Новгородский НИИСХ Калининградский НИИСХ Карельская ГСХОС СПбГАУ ВГМА им.Н.В. Верещагина ВГСХА</p>	<p>1. Научные основы управления селекционным и семеноводческим процессами на Северо-Западе РФ, базирующиеся на целенаправленном использовании генетических ресурсов растений, эффективных биотехнологий 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, обеспечивающих гарантированное повышение урожайности сельскохозяйственных культур в условиях меняющегося климата. 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.</p>	2018	2030			67000	68000	69000	70000	71000	72000	73000	74000	75000	76000	77000	78000	79000
	<p>4. Разработка методологии повышения эффективности производства продукции животноводства в АПК Северо-Западного региона РФ</p>		<p>СЗРиЦ ВНИИГРЖ ВНИВИП</p>	<p>1. Методы эффективного использования генофонда и управления селекционным</p>	2018	2030			51000	52000	53000	54000	55000	56000	57000	58000	59000	60000	61000	62000	63000

	<p>на основе создания новых конкурентоспособных селекционных форм сельскохозяйственных животных, обладающих высоким генетическим потенциалом и заданной продуктивностью, адаптивных технологий содержания, кормления и ветеринарной защиты животных.</p>		<p>ИАЭП СЗНИИМЛПХ, Архангельский НИИСХ Псковский НИИСХ Новгородский НИИСХ Калининградский НИИСХ Мурманская ГСХОС Карельская ГСХОС Нарьян-Марская ГСХОС СПбГАВМ ВГМА им.Н.В. Верещагина</p>	<p>процессам, обеспечивающие создание для Северо-Запада РФ новых генотипов, пород и кроссов сельскохозяйственных животных, птиц, насекомых. 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. 3. Новые эффективные методы и средства специфической защиты от опасных болезней животных, птиц, насекомых на основе выявления новых иммунологических свойств возбудителей и совершенствования технологии изготовления вакцинных и защитных препаратов. 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</p>																		
--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

				Европейского Севера РФ.																	
	5. 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, экономию энергоресурсов, повышение качества и безопасности продукции.		СЗЦПО ВНИИПД Институт холода и биотехнологий, ПСПбГМУ имени академика И.П. Павлова Северо-Западный Государственный медицинский университет имени И.И.Мечникова СПбГПМУ Мурманская ГСХОС Нарьян-Марская ГСХОС	1. Улучшенные технологии глубокой, энергосберегающей переработки сельскохозяйственного сырья в продукты питания и корма для животноводства, позволяющие интенсифицировать производство, повысить качество и безопасность продукции. 2. Методы и способы создания комплексных конкурентоспособных пищевых добавок, ферментных и микробных препаратов комплексного действия для повышения пищевой и биологической ценности продуктов питания и агро сырья. 3. Научные основы создания технологий производства нового поколения пищевых продуктов функциональной направленности для населения региона на основе принципов пищевой комбинаторики и новых биотехнологических приемов. 4. Новые виды продуктов для различных групп населения и нормативная документация.	2018	2030			32000	33000	34000	35000	36000	37000	38000	40000	41000	42000	43000	44000	45000

ж) Приоритетные направления научных исследований которые обеспечат возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, социальных институтов на современном этапе глобального развития, в том числе применяя методы гуманитарных и социальных наук

21	Разработка теоретических основ и составление кадастра биотопов Северо-запада России		СПбГУ, зав.каф. д.б.н. 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 России в форматах ArcGIS с подключенной базой данных. Атлас-определитель биотопов. Атласы редких биотопов 2х-3х субъектов Российской Федерации	2018	2030			24500	6000	6500	7000	7500	8500	9000	9000	9500	10000	10500	11000	11000
----	---	--	--------------------------------------	--	------	------	--	--	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам реализованных в 2017 году научных исследований было выполнено обоснование изменений предметной области программы фундаментальных исследований научно-образовательного комплекса Санкт-Петербурга на период до 2035 года, необходимость которых была продиктована принятием в декабре 2016 года Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642). В свою очередь, изменения предметной области повлекли существенные изменения представлений о потребностях и возможностях трансформации научно-инновационного пространства Санкт-Петербурга, в первую очередь, исходя из необходимости опережающего развития как отраслей научной сферы, связанных с науками о человеке и среде его обитания, и науками, обеспечивающими устойчивое технологическое развитие региона, так и системы воспроизводства и формирования научно-образовательного потенциала Санкт-Петербурга в соответствующих отраслях.

Совместное применение методов функционального анализа и научного форсайтинга позволило сформировать методологическую базу для включения в программу фундаментальных исследований научно-образовательного комплекса Санкт-Петербурга на период до 2035 года новых перспективных исследований. Основанием для включения конкретных исследовательских проектов в указанную Программу являлось одновременное наличие:

- обоснования научной значимости проектов и их соответствия передовым трендам развития мировой науки;
- подтверждения наличия в Санкт-Петербурге научных школ и материальной базы, необходимых для реализации проектов;

- укрупненного технико-экономического обоснования, включающего предварительную оценку необходимых финансовых затрат (с указанием сроков их выделения) и предполагаемых эффектов по каждой из возможных сфер внедрения ожидаемых результатов исследований.

По результатам выполненных в 2017 году исследований удовлетворяющими перечисленным требованиям были признаны и включены в проект программу фундаментальных исследований научно-образовательного комплекса Санкт-Петербурга на период до 2035 года 21 исследовательского проекта.

Апробация результатов исследований по отчетной теме государственного задания, как в части вновь выявленных, так и в части актуализации ранее включенных в проект программы исследовательских проектов, была проведена в рамках 40 международных и российских конференций, а также методом публикации 19 статей в индексируемых в российских и международных системах журналах. Кроме того, в 2017 году Санкт-Петербургским научным центром РАН была осуществлена подготовка и издание 1 монографии и 2 сборников научных статей.

Таким образом, цели и задачи, установленные на 2017 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.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A. Hacala, U. Michon, Innovative industrial plasma torch for converting biomass into high purity syngas, ISPC19 - 2009, Bochum, Germany, proceedings 39 P2.14.04
2. L Pershin, A Mitrasinovic and J Mostaghimi, Treatment of refractory powders by a novel, high enthalpy dc plasma, J. Phys. D: Appl. Phys. 46 (2013) 224019 (8pp), doi:10.1088/0022-3727/46/22/224019
3. S Safa, A Hekmat-Ardakan and G Soucy, Comparison of CO<sub>2</sub> and oxygen DC submerged thermal plasmas for decomposition of carboxylic acid in aqueous solution, Journal of Physics: Conference Series 550 (2014) 012015, doi:10.1088/1742-6596/550/1/012015
4. Guohua Ni, Yan Lan, Cheng Cheng, Yuedong Meng, Xiangke Wang, Reforming of methane and carbon dioxide by DC water plasma at atmospheric pressure, international journal of hydrogen energy 36 (2011) 12869 - 12876, doi:10.1016/j.ijhydene.2011.07.063
5. Интернет адрес, дата доступа 09.02.2015: [http://www.westinghouse-plasma.com/wpc\\_plasma\\_torches/](http://www.westinghouse-plasma.com/wpc_plasma_torches/)
6. Rutberg P.G., Kuznetsov V.A., Popov V.E., Bratsev A.N., Popov S.D., Surov A.V. Improvements of Biomass Gasification Process by Plasma Technologies// Green Energy and Technology. 2013. Т. 115. С. 261-287.
7. Рутберг Ф.Г., Кузнецов В.А., Серба Е.О., Наконечный Г.В., Никонов А.В., Попов С.Д., Суров А.В. Исследование электрических дуг в паровоздушной смеси в плазматронах переменного тока // Теплофизика высоких температур. 2013. Т. 51. № 5. С. 677.
8. Rutberg F.G., Kuznetsov V.A., Serba E.O., Nakonechnyi G.V., Nikonov A.V., Popov S.D., Surov A.V. Study of Electric Arcs in AN Air–Steam Mixture in AC Plasma Torches // High Temperature. 2013. Т. 51. № 5. С. 608-614.

9. Коротеев, А. С. Плазмотроны: конструкции, характеристики, расчет / А. С. Коротеев, В. М. Миронов, Ю. С. Свирчук. – М.: Машиностроение, 1993. – 296 с.
10. Глушкова Н.Б., Загидуллина А.Т., Корепанов В.И., Коткова В.М., Кушневская Е.В., Мирин Д.М., Столповский А.П., Филиппов Б.Ю. Ландшафтное и биологическое разнообразие на территории междуречья Северной Двины и Пинеги. СПб, 2013. 109 с.
11. Носкова М.Г. Полевой атлас-определитель сфагновых мхов таежной зоны Европейской России. 2016. 112 с.
12. Пукинская М.Ю. Очаговое усыхание ели в южнотаежных ельниках // Ботанический журнал. 2016. Т. 101. №6. С. 650-671.
13. Смагин В.А. Пространственные экологические ряды растительности низинных болот таежной зоны Европейской России // Бот. журн. 2016. Т. 101, № 5. С. 516-536.
14. Ликсакова Н.С., Сорокина И.А. Редкие растительные сообщества на проектируемых для охраны территориях на востоке Ленинградской области // Бот. журн., 2017. Т. 102, № 2. С. 232-248.
15. Пукинская М.Ю. Атлас растений Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника. Изд. 2-е, дополненное. Тверь, "Печатня", 2017. 306 с.
16. Сорокина И.А., Степанчикова И.С., Гимельбрант Д.Е., Ликсакова Н.С., Спиринов В.А., Кушневская Е.В., Гагарина Л.В., Ефимов П.Г. Краткие очерки трех планируемых ООПТ востока Ленинградской области // Бот. журн., 2017. т. 102, № 9. С. 1270-1289.
17. Сукристик В.А., Сумина О.И., Сорокина И.А. Оценка уязвимости охраняемых видов сосудистых растений Ленинградской области // Бот. журн. 2017, т. 102, №6. С.849-861.

## Список публикаций по теме в 2017 году

- 1) *Daria Ryabchuk, Vladimir Zhamoida, Marina Orlova, Alexander Sergeev, Julia Bublichenko, Andrey Bublichenko, and Leontina Sukhacheva. Neva Bay: A Technogenic Lagoon of the Eastern Gulf of Finland (Baltic Sea) // Estuaries of the World: The Diversity of Russian Estuaries and Lagoons Exposed to Human Influence. Springer journ., UK, ISBN 978-3-319-43392-9, 2017 2016(2017). P. 191-223. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-43392-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-43392-9_7)*
- 2) *Бубличенко Ю. Н. Орнитофауна // Природа заказника "Озеро Щучье". СПб, 2017. С. 124-133.*
- 3) *Бубличенко Ю. Н., Бубличенко А. Г. Биотопическое распределение птиц и млекопитающих // Природа заказника "Озеро Щучье". СПб, 2017. С. 136-137.*
- 4) *Бубличенко Ю. Н., Бубличенко А. Г. Методы исследований птиц и млекопитающих // Природа заказника "Озеро Щучье". СПб, 2017. С. 123-124.*
- 5) *Бубличенко Ю. Н. Птицы ООПТ Финского залива // Наука – школе. Вып. VI. СПб, 2017. С. 175-195.*
- 6) *Bublichenko Julia N., Verevkin Mikhail V. Aerial survey of waterfowl spring stopovers in the Russian part of the Gulf of Finland //From small scales to large scales –The Gulf of Finland Science Days 2017. Tallinn. 2017. P.49*
- 7) *Холмянский М. А., Анохин В. М., Заносов О. Ю., Карташев А. О. Глобальные климатические процессы как доминирующий фактор изменения природной среды Арктики // Экология промышленного производства. 2017. №1. С. 53-58. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29257335>*
- 8) *Анохин В. М., Уличев В. И., Дудакова Д. С., Дудаков М. О. Геоморфологические особенности берегов ладожского озера по*

результатам полевых работ с применением беспилотного летательного аппарата // География: развитие науки и образования: Коллективная монография по материалам Международной научно-практической конференции LXX Герценовские чтения. 2017. С. 118-124. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30521809>

- 9) *Холмянский М. А., Анохин В. М.* Связь типов криолитозоны Западно-Арктического шельфа // Проблемы Арктики и Антарктики, №2. СПб, 2017. С. 85-95. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30103363>
- 10) *Бондарева О. В., Абрамсон Н. И., Джанпаридзе Л. А.* Популяционно-генетические особенности улитки *Arianta arbustorum L.* в странах побережья Балтийского моря // Генетика популяционная: Прогресс и перспективы. М., 2017. С. 36-37.
- 11) *Tarasov O., Drozdova P., Zhouravleva G.* Variation of the eRF3 translation termination factor in *Saccharomyces yeasts* // Сборник тезисов 28й международной конференции по генетике и молекулярной биологии дрожжей (Book of Abstracts of the 28th International Conference on Yeast Genetics and Molecular Biology, [www.yeast2017.cz](http://www.yeast2017.cz), ISBN 978-80-905701-7-7, с. 212-213
- 12) *Abramson N.I., Petrova T.V., Dzhaparidze L.A.* Differentiation and cryptic speciation in rodents of Northeastern Palearctic as inferred from DNA sequence data: Case studies of genera *Lemmus* and *Stenocranium* (Rodentia, Arvicolinae). *Skvortsovia*: 2017, 4(1): 32-36 <http://skvortsovia.uran.ru/2017/4102.pdf>
- 13) *Рогоза Т.М., Землянко О.М., Максютенко Е.М., Журавлева Г.А.* «Аминокислотные замены в С-терминальном домене Sup35p в сочетании с прионом [PSI+] нарушают жизнеспособность клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*». Актуальные проблемы трансляционной биомедицины – 2017, 15-16 июля 2017, Санкт-Петербург. Сборник тезисов ИТБМ СПбГУ, с. 62-63.

- 14) *Петров Ю.В., Смирнов В.И., Атрошенко С.А., Пименова Т.Ф.* Состояние и перспективы развития исследований в области экстремальных состояний в материалах, конструкциях и сплошных средах // Физико-химические аспекты предельных состояний и структурных превращений в сплошных средах, материалах и технических системах. Вып. 1. СПб: Изд-во «Политехника», 2017. С. 9-19.
- 15) *Пименова Т. Ф., Сибаров И. Д.* О работе Объединенного научного совета по проблемам материаловедения, механики, прочности // Физико-химические аспекты предельных состояний и структурных превращений в сплошных средах, материалах и технических системах. Вып. 1. СПб: Изд-во «Политехника», 2017. С. 218-227.
- 16) *Марков В. С., Сидоренко Т. В.* Защита информации от скрытых угроз в среде облачных технологий // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2017). Юбилейная X Санкт-Петербургская межрегиональная конференция. Санкт-Петербург, 1-3 ноября 2017 г. Материалы конференции / СПОИСУ. СПб, 2017. С. 104-106.
- 17) *Двас Г.В., Кузнецов С.В., Ходачек А.М.* Будущее России: проблемы и пути решения (по материалам Петербургского Международного экономического форума 2016 г.) // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2017, №1 С.19-34
- 18) *Двас Г.В.* Формирование региональных программ развития цифровой экономики // Управление экономическими системами: электронный научный журнал, 2017, №12.
- 19) *Иванова Е.А.* Публикационная активность петербургских академических институтов в 2006–2010 и в 2014–2016 гг. // Проблемы деятельности ученого и научных коллективов. Международный ежегодник. Вып. 3(33). Материалы XXXII сессии Международной школы социологии науки и техники им. С.А. Кугеля «Научная политика: метрики, акторы и практики». СПб, 2017. С. 171-180.