



# ПЕТЕРБУРГСКАЯ АКАДЕМИЧЕСКАЯ НАУКА

## Альманах

Выпуск 2

2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

# ПЕТЕРБУРГСКАЯ АКАДЕМИЧЕСКАЯ НАУКА

## Альманах

Выпуск 2

Деятельность учреждений науки РАН  
в 2021–2022 годах

*Под общей редакцией  
академика РАН В.А. Румянцева,  
доктора биологических наук М.И. Орловой*



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ЭКОНОМИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
2023

**ББК 72**

**П29**

**П29 Петербургская** академическая наука. Альманах. Вып. 2. Деятельность учреждений науки РАН в 2021–2022 годах : сборник научных статей / под общей ред. академика РАН В.А. Румянцева, д-ра биол. наук М.И. Орловой. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2023. – 273 с.

**ISBN 978-5-7310-6091-2**

Второй выпуск Альманаха посвящён результатам научной и научно-организационной деятельности коллективов учреждений науки РАН в Санкт-Петербурге в 2021–2022 годах. Отдельное внимание уделено 40-летней истории СПбНЦ РАН. Введён раздел «Юбилеи. Даты. Воспоминания».

Альманах адресован научным работникам и широкому кругу читателей.

The second issue of the Almanac presents the results of scientific and scientific-organizational activities in the Scientific Institutions of the Russian Academy of Sciences in St. Petersburg in 2021-2022. Special attention is noticed to the 40-year history of the SPbSC RAS. Section «Anniversaries. Dates. Memories» was added to the issue.

The Almanac is addressed to scientists and a wide range of readers.

*Выпуск рекомендован к изданию решением Учёного совета СПбНЦ РАН,  
Протокол № 3 от 16.05.2023*

**ББК 72**

**Редакционный совет:** д.г.н. академик РАН **В.А. Румянцев** (председатель), д.г.-м.н. член-корр. РАН **В.Д. Каминский**, д.г.-м.н. член-корр. РАН **А.Б. Кузнецов**, д.г.-м.н. член-корр. РАН **В.Г. Румынин**, д.т.н. член-корр. РАН **А.А. Родионов**

**Редакционная коллегия:** д.б.н. **М.И. Орлова** (главный редактор), д.б.н. **В.Е. Цыганов** (ответственный секретарь), к.т.н. **К.М. Кляус** (ответственный редактор выпуска), к.т.н. проф. **В.П. Говорухин**, к.б.н. **Л.А. Джапаридзе**, к.и.н. **Е.А. Иванова**, к.х.н. **Т.Ф. Пименова**, **Н.Н. Ильина**, **Л.Г. Николаева**, **О.Д. Пожарская**

**ISBN 978-5-7310-6091-2**

© Санкт-Петербургский научный центр РАН, 2023

© Коллектив авторов, 2023

© Издательство СПбГЭУ, 2023

© СПбПУ Петра Великого, 2023

## Содержание

<b>От Главного редактора</b> .....	6
<b>Владислав Александрович! Поздравляем с Юбилеем!</b> .....	8
Понемногу о главном в стране и Российской академии наук <i>В.А. Румянцев</i> .....	15
<b>1. САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР: 40 ЛЕТ ИСТОРИИ</b> .....	21
История Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук <i>Е.А. Иванова, М.И. Орлова</i> .....	23
Советский период .....	24
Организация управления наукой в Ленинграде в 1935-1978 годах.....	24
Организация, структура и деятельность Междуведомственного координационного совета АН СССР в Ленинграде.....	27
Ленинградский научный центр (ЛНЦ АН СССР).....	30
Постсоветский период .....	31
ЛНЦ АН СССР – СПбНЦ РАН и статус РАН в дореформенный постсоветский этап .....	31
Пореформенный этап постсоветского периода и современный СПбНЦ РАН .....	41
Игорь Алексеевич Глебов и Жорес Иванович Алфёров. Жизнь, отданная науке <i>Е.А. Иванова</i> .....	46
<b>2. ДОСТИЖЕНИЯ УЧРЕЖДЕНИЙ НАУКИ РАН САНКТ-ПЕТЕРБУРГА В ПЕРИОД 2021-2022 ГОДОВ</b> .....	53
<b>2.1. ОТДЕЛЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ</b> .....	55
Институт аналитического приборостроения Российской академии наук: основные достижения в 2021-2022 годах <i>А.А. Евстапов, А.П. Щербаков</i> .....	55
<b>2.2. ОТДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ, МАШИНОСТРОЕНИЯ, МЕХАНИКИ И ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ</b> .....	64
Комплексное решение проблем интегральной транспортной инфраструктуры России <i>В.Г. Рыбкин, И.Г. Малыгин</i> .....	64

<b>2.3. ОТДЕЛЕНИЕ ХИМИИ И НАУК О МАТЕРИАЛАХ</b> .....	76
Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН: международный год стекла	
<i>Т.В. Антропова, Р.С. Бубнова, О.Ю. Голубева, А.Г. Иванова, Т.А. Кочина, И.Ю. Кручинина, Т.П. Масленникова, В.Л. Столярова, Г.А. Сычёва, О.А. Шилова</i> .....	
<b>2.4. ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК</b> .....	88
Деятельность Института физиологии им. И.П. Павлова РАН в 2021-2022 гг.	
<i>А.Е. Чуйкин, И.И. Актуганова</i> .....	
<b>2.5. ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ</b> .....	99
Водно-вихревые и биогеохимические процессы в глубине и на границе раздела «вода – воздух» в широком диапазоне масштабов. Исследования Санкт-Петербургских океанологов	
<i>А.А. Родионов, Д.А. Романенков, А.Ю. Дворников, М.А. Родионов, А.В. Зимин, Т.И. Малова</i> .....	
Главные результаты Института геологии и геохронологии докембрия РАН за 2021-2022 годы <i>А.Б. Кузнецов, Т.С. Зайцева, Ю.М. Лебедева</i> .....	
<b>2.6. ОТДЕЛЕНИЕ ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИХ НАУК</b> .....	127
Санкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук в 2021-2022 гг.	
<i>Н.А. Ащеулова, Е.Ф. Синельникова</i> .....	
Мировой приоритет отечественных учёных в области радиолокации и радиолокационной техники	
<i>В.П. Говорухин, П.Н. Волгин, В.А. Родионов, А.А. Нестерчук, Н.Н. Ильина</i> .....	
<b>2.7. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	155
<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ</b> .....	
155	
Геоинформационные системы для управления морской деятельностью	
<i>П.Н. Волгин, В.П. Говорухин, В.А. Родионов, Н.Н. Ильина, М.И. Орлова</i> .....	
155	
<b>ОРГАНИЗМ И ТЕХНОЭКОСИСТЕМА</b> .....	
168	
Образатели – источники биопомех объектов энергетики в техногенно- трансформированных континентальных и прибрежных морских водоёмах Европейской части Российской Федерации	
<i>М.И. Орлова, Е.В. Строгова</i> .....	
168	

<b>ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ</b> .....	187
Использование среды обитания балтийской кольчатой нерпой ( <i>Pusa hispida botnica</i> ) в Финском заливе <i>М.В. Верёвкин, М. Юсси</i> .....	187
<b>ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ</b> .....	204
Новый подход к оценке атмосферных выбросов предприятий энергетики <i>К.М. Кляус, О.Д. Пожарская</i> .....	204
<b>ТРАНСПОРТ И ЭКОЛОГИЯ</b> .....	215
Мультимодальные перевозки: экологический аспект <i>К.М. Кляус</i> .....	215
<b>3. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ПЕРИОД 2021-2022 ГОДОВ</b> .....	227
Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук: научно- организационная деятельность в области исторических и общественных наук <i>Е.А. Иванова, Л.Г. Николаева</i> .....	229
Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук: Первая Санкт-Петербургская научная школа-семинар молодых учёных «Механика, химия и новые материалы» (МХНМ) <i>Т.Ф. Пименова</i> .....	235
Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук: научно-организационная деятельность в области биологии, физиологии и медицины <i>Л.А. Джапаридзе</i> .....	247
<b>ЮБИЛЕИ. ДАТЫ. ВОСПОМИНАНИЯ</b> .....	254
Владислав Вильгельмович Хлебович .....	254
Юрий Викторович Наточин.....	259
Береги Ленинград! Л.С. Венцюлис .....	259
<b>Петербургская академическая наука. Альманах. 2023. Выпуск №2 Сведения об авторах</b> .....	272

## От Главного редактора

Глубокоуважаемый автор, глубокоуважаемый читатель!

От лица Редакционной коллегии благодарю всех, откликнувшихся на информационное письмо и подавших материалы о деятельности и достижениях своих учреждений и коллективов в минувшие два года, а всем читающим эту книгу (или файл), желаю приятного и познавательного прочтения!

Прошёл год после выхода первого номера нашего Альманаха – ежегодного регионального печатного издания, задуманного и основанного СПбНЦ РАН, и призванного способствовать интеграции учреждений науки Санкт-Петербурга и Ленинградской области через публикацию материалов, освещающих деятельность как всего научного сообщества, так и отдельных учреждений и учёных. Год 2022/23 – год выхода данного выпуска, нерядовой в истории постсоветской России и пореформенной (имеется в виду реформа Российской академии наук, которая произошла в 2013 году, то есть 10 лет назад) отечественной академической науки, богат на даты и события, в том числе важные для Ленинграда – Санкт-Петербурга и персональные. Материалы второго выпуска Альманаха отразили часть из этих разноплановых дат и событий, воспоминаний.

Принимая во внимание факт, что с момента основания Центра (ЛНЦ АН СССР – СПбНЦ РАН) в феврале 1983 г. и до момента выхода сегодняшнего выпуска прошло уже сорок лет, а в последние пять из них он был трансформирован в учреждение науки, редакция сочла возможным запросить научные и научно-практические материалы у научных сотрудников Центра, эти материалы дополнили ряд подразделов *второй* (центральной) части Альманаха. История Центра, воспринимаемая по-разному – и как история никак не связанных друг с другом образований, объединяемых лишь местом своего нахождения по адресу: Университетская набережная, дом 5, и как последовательная линия жизни одного и того же коллектива и учреждения, менявшихся вместе с изменениями требований времени, организационной формы и учредителя, сконцентрирована в *первой* части. Здесь же вниманию читателя представлена и история предшественника Центра – Межведомственного координационного совета АН СССР (МКС), действовавшего как самостоятельная структура с 1978 по 1992 год (затем был реорганизован в Междисциплинарный координационный совет уже Санкт-Петербургского научного центра РАН). В состав третьей части нынешнего выпуска помещены сведения о научно-организационной деятельности Центра, которая осуществлялась в последние два с половиной года при отсутствии в Санкт-Петербурге объединявшего петербургских членов РАН Президиума СПбНЦ РАН, полномочия которого закончились в 2020 г. Эта деятельность была преимущественно инициативной и

направленной на сохранение традиций, заложенных в Объединенные научные советы, образованные в разное время в составе МКС и при Президиуме СПбНЦ РАН.

Редакция сочла необходимым проинформировать научное сообщество и о нашем интеллектуальном и нравственном потенциале – петербургских учёных, перешагнувших 90-летний рубеж своего жизненного пути и демонстрирующих нам вдохновляющий пример активного, мудрого, творческого долголетия (Раздел «Юбилеи, даты, воспоминания»). В этом выпуске мы разместили поздравления В.В. Хлебовичу и Ю.В. Наточину, а на нашем интернет-портале мы поздравили Л.С. Венцюлиса, которому в мае этого года исполнилось 93 года. Воспоминания Леонарда Станиславовича «Береги Ленинград!» публикуются в настоящем сборнике и на интернет-портале СПбНЦ РАН.

Для всех ленинградцев этот год – год Победы. Подвигу ленинградских учёных в годы блокады посвящен видеоряд, созданный по итогам утренней сессии торжественного заседания в честь Дня науки, проведенного 8 февраля на Университетской набережной, дом 5, силами организаторов – Института химии силикатов РАН и СПбНЦ РАН и участников – ИХС РАН, Зоологического института РАН, Института восточных рукописей РАН, Института физиологии РАН, Института хлебопекарной промышленности и других учреждений. Этот материал по причинам формата не включён в печатную версию Альманаха<sup>1</sup>.

Выражаю благодарность членам редколлегии, а также младшим научным сотрудникам СПбНЦ РАН: А.А. Кулешову, О.А. Солдатовой, В.М. Уповору, ведущему инженеру технической поддержки А.А. Щербакову, выполнившим большую работу по подготовке макета выпуска. Хочется отметить, также ведущего научного сотрудника СПбФ ИО им. П.П. Ширшова РАН к.ф.-м.н. Е.В. Софьину, оказавшую содействие по регистрации материалов нашего издания.

Присоединяюсь к поздравлениям Председателю редакционного совета Альманаха (с. 8-14), академику РАН Владиславу Александровичу Румянцеву – инициатору нашего издания!

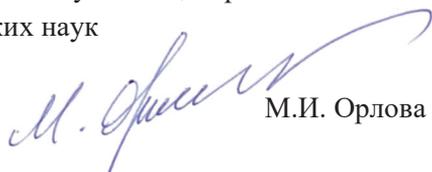
С уважением,

Главный редактор

ИО директора

Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук

доктор биологических наук



М.И. Орлова

---

<sup>1</sup> Торжественное мероприятие «Санкт-Петербургская наука – от прошлого к будущему», посвящённое Дню российской науки и 80-летию со Дня прорыва блокады Ленинграда. 08.02.2023 // Интернет-портал СПбНЦ РАН. – URL: <https://spbrc.ru/> (дата обращения: 17.04.2023).

## Владислав Александрович! Поздравляем с Юбилеем!



Академику РАН В.А. Румянцеву

Глубокоуважаемый Владислав Александрович!

Искренне рады поздравить Вас – нашего коллегу и друга, крупного учёного-гидролога и признанного специалиста в области охраны водных ресурсов, с прекрасным Юбилеем – 80-летием, который Вы отмечаете на посту советника директора по научной работе и главного научного сотрудника Санкт-Петербургского научного центра РАН в добром здравии и в кругу Ваших учеников и друзей.

Вы прошли долгий и плодотворный путь в науке. После окончания в 1968 г. гидрологического факультета Ленинградского гидрометеорологического института Вы были аспирантом одного из ведущих научно-исследовательских институтов отечественной Гидрометслужбы – Государственного гидрологического института, а затем проработали в этой организации более 10 лет, пройдя путь от младшего научного сотрудника до заместителя директора по научной работе. В эти годы при Вашем активном участии и руководстве была успешно решена одна из важнейших задач гидрологии – развитие теории формирования стока половодий и усовершенствование методов долгосрочного прогноза притока воды в водохранилища крупных ГЭС. Для её решения были проведены лабораторные гидрофизические исследования промерзания почвы и миграции в ней влаги, развёрнуты крупномасштабные экспедиционные работы по сбору данных о формирующих сток факторах на водосборах рек лесостепной и лесной зон с использованием дистанционных методов наблюдений, выполнено математическое моделирование формирования половодий. Итогом этой многолетней работы стали принятые Центральной методической комиссией по прогнозам Госкомгидромета СССР к оперативному использованию методики долгосрочного прогноза незарегулированного притока половодья в Цимлянское, Куйбышевское и Камское

водохранилища, а также объёмов весенних вод рек Вятки и Волхова, а также методика размещения на водосборе пунктов наблюдений с определением их оптимального числа.

Не менее важным достижением Вашей деятельности того периода стала выполненная под Вашим руководством разработка автоматизированной системы Государственного водного кадастра (АС ГВК) и внедрение ее в практику. Эта работа стала итогом межведомственного сотрудничества институтов Госкомгидромета СССР, Мингеологии СССР и Минводхоза СССР.

В 1982-2020 гг. Ваша научная работа связана с Институтом озероведения АН СССР (ИНОЗ РАН), директором которого Вы были в 1988-2015 гг. Придя в ИНОЗ, Вы практически сразу включились в работу над созданием капитального девятитомного труда «История озер СССР». По широте временного охвата от триаса до современного периода, масштабу территории и разнообразию физико-географических условий, комплексу методов исследований и глубине проработок проблем эта работа не имела аналогов в мировой лимнологии.

Вы уделяете большое внимание важному прикладному аспекту лимнологии – процессам антропогенного эвтрофирования озер; еще в советское время по Вашей инициативе были разработаны и реализованы четыре программы ГКНТ СССР по оценке изменений качества воды и биологической продуктивности экосистем ряда крупных и малых озёр и мерам возвращения их в состояние экологической безопасности. Мы высоко ценим Ваш вклад в исследование особенностей крупнейшего в мире высокогорного озера Севан, активное антропогенное эвтрофирование которого представляло серьёзную угрозу питьевому и хозяйственному водоснабжению г. Ереван и низменных районов Армянской ССР. Выполненные крупномасштабные междисциплинарные исследования позволили разработать программу восстановления экосистемы озера и предложить меры по восстановлению Севана. Эта работа была одобрена Государственной экспертной комиссией при Госплане СССР.

В конце прошлого – начале нынешнего веков Вы стали организатором и руководителем комплексных работ по созданию инновационных технологий, материалов и средств обнаружения и ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов. В Санкт-Петербурге была создана и внедрена система контроля распространения нефтяных загрязнений, её опытная эксплуатация позволила в одном только 2008 году выявить 68 аварийных разливов нефтепродуктов и собрать 30 тонн нефте-водяной смеси.

Продолжением этой важной работы стала разработка новой технологии ликвидации разливов нефти на воде с помощью новых препаратов – биосорбентов. По мнению международных экспертов, по большинству показателей созданные отечественные препараты имеют преимущества перед зарубежными образцами.

В 2015-2017 гг. Вы выполнили крупное обобщение материалов по озёрному фонду России и совместно с д.б.н. В.А. Драбковой и д.г.н. А.В. Измайловой выпустили двухтомную монографию «Озёра Европейской части России» и «Озёра Азиатской части России», где представлена целостная картина состояния озёр нашей страны по количественным и качественным показателям и показаны существующие проблемы их использования и охраны.

Ваши опубликовано более 350 научных работ, имеющих важное значение для развития гидрологии в Российской Федерации, в том числе 11 монографий.

Приятно отметить, что Вы по-прежнему активно вовлечены в научную и научно-организационную работу. Вы председатель Объединенного Совета наук о Земле при Санкт-Петербургском научном центре РАН, член редакционных советов и редколлегии журналов «Водные ресурсы», «Известия Русского географического общества», «Общество, среда, развитие», «Региональная экология», «Водное хозяйство», «Фундаментальная и прикладная гидрофизика», «Российский журнал прикладной экологии» и ряда советов и комитетов в области наук о Земле и рационального природопользования.

Вы уделяете много времени и сил воспитанию молодых научных кадров – под Вашим руководством подготовлено 7 докторов и более 30 кандидатов наук.

Ваши заслуги отмечены Медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, медалью «В память 300-летия Санкт-Петербурга», премией имени М.И. Будыко Правительства Санкт-Петербурга и премией имени Ф.П. Саваренского РАН.

Дорогой Владислав Александрович! Полученные под Вашим руководством и при непосредственном участии фундаментальные и прикладные научные результаты широко известны и востребованы. Вам присуща способность чёткой постановки задачи, предвидения конечных результатов и выбора оптимального варианта проведения многосторонних комплексных исследований для достижения поставленных целей.

Поздравляя Вас с Юбилеем, от всей души желаем, чтобы ещё много лет Вы оставались в отличной творческой и физической форме, по-прежнему бодрым и активным и радовали нас и Ваших близких. Пусть присущие Вам устремленность к познанию, энергия и преданность науке остаются неизменными союзниками Вашей жизни!



Академик-секретарь ОНЗ РАН  
академик РАН  
Н.С. Бортников



Заместитель академика-секретаря  
по научно-организационной работе,  
к.г.н. И.Н. Сократова



Главный специалист ОНЗ РАН,  
д.г.н. Н.А. Зайцева



Дорогой Владислав Александрович!

Примите наши искренние поздравления с Юбилеем! Для всех нас большая честь и ответственность работать вместе с Вами. Ваш юбилей служит прекрасным поводом для того, чтобы подчеркнуть глубокое уважение к Вам, выразить признательность и благодарность за многолетний, многогранный, нелёгкий, но очень результативный труд.

Ваши научные результаты впечатляют – это более 350 научных работ, включая 11 монографий, посвящённых различным вопросам лимнологии, охраны окружающей среды, водного хозяйства. В их числе «История озёр СССР» в девяти томах, двухтомная монография «Озёра Европейской части России» и «Озёра Азиатской части России».

Присоединяясь к поздравлению от Российской академии наук, упомянем, что не только научные, но и возглавляемые Вами практически ориентированные проекты значимы и разноплановы по направленности и масштабу охвата территории нашей страны<sup>2</sup>. Есть среди них такие, что оказали влияние на жизнь каждого ленинградца-

---

<sup>2</sup> – развитие теории формирования стока половодий и усовершенствование методов долгосрочного прогноза притока воды в водохранилища крупных ГЭС (**результаты:** принятие к оперативному использованию Центральной методической комиссией по прогнозам Госкомгидромета СССР методики долгосрочного прогноза незарегулированного притока половодья в Цимлянское, Куйбышевское и Камское водохранилища; методики оценки объёмов весенних вод рек Вятки и Волхова; методики выбора мест для размещения на водосборе пунктов наблюдений с определением их оптимального числа);

– разработка автоматизированной системы Государственного водного кадастра (АС ГВК) в рамках межведомственного сотрудничества институтов Госкомгидромета СССР, Мингеологии СССР и Минводхоза СССР (**результат:** внедрена в практику);

– проект ГКНТ «Озеро Севан», осуществлённый во исполнение постановления Совета Министров СССР (**результаты:** создана методология и выполнен прогноз по изменению состояния озера при намеченных планах социально-экономического развития Армянской ССР; даны рекомендации по оздоровлению экологической ситуации; итоги работ одобрены АН СССР и Академией наук Армении, а также Государственной экспертной комиссией при Госплане СССР);

петербуржца. Во многом благодаря Вам, Вашим научным исследованиям и активной жизненной позиции, наш город надёжно защищен от наводнений комплексом защитных сооружений. Благодаря Вашим исследованиям и выявлению источников загрязнения Ладожского озера, а также и Вашей твердой и принципиальной позиции, отраженной в 1983 году в докладной записке о состоянии Ладожского озера, были приняты решительные меры, позволившие сохранить воду Ладоги чистой. Благодаря Вашему научному консультированию ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» (с 2010 по 2016 гг.) и результатам исследований, проведенных в ИНОЗ РАН под Вашим руководством по тематике ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», руководство ГУП приняло ряд решений, способствовавших обеспечению нашего города чистой водой.

Вы инициатор данного ежегодного издания «Петербургская академическая наука: Альманах», отражающего деятельность институтов РАН в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, а в перспективе и Северо-Западного региона в целом, и возглавляете его редакционный совет. Мы считаем, что тем самым, благодаря Вам, появился ещё один инструмент для организации и реализации фундаментальных, в первую очередь, междисциплинарных научных и научно-практических исследований на основе академического научного потенциала нашего региона, повышения авторитета петербургской науки и петербургских учёных.

Многогранна и другая Ваша научно-организационная деятельность: на посту председателя Объединённого научного совета по наукам о Земле СПбНЦ РАН; координатора Профильного совета по направлению наук о Земле Рабочего комитета по координации деятельности профильных советов по направлениям, относящимся к ведению отделений РАН на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области; работа в Русском географическом обществе; работа в редакционных советах и редколлегиях различных периодических изданий.

Вы подготовили много учеников, включая 7 докторов наук.

Родина оценила Вашу работу, наградив Вас многими орденами и медалями, в числе которых Медаль ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, премиями Правительства Санкт-Петербурга и СПбНЦ РАН, а также Российской академии наук.

---

– организация и руководство комплексом работ по созданию инновационных технологий, материалов и средств обнаружения и ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов (**результаты:** создана и внедрена система контроля распространения нефтяных загрязнений на акватории реки Нева (2000-е годы) в рамках сотрудничества с Государственным оптическим институтом (ГОИ) и Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и экологической безопасности Санкт-Петербурга; при проведении опытной эксплуатации системы выявлены её возможности по локализации и сбору аварийных разливов нефтепродуктов; разработана новая технология ликвидации разливов нефти на воде с помощью новых препаратов – биосорбентов, имеющих преимущества перед зарубежными образцами).

---

Владислав Александрович, от всей души желаем Вам здоровья, долголетия, неиссякаемой творческой энергии, теплоты и внимания коллег, близких и друзей!

С уважением,

коллектив

Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук



**Понемногу о главном в стране и Российской академии наук**  
***В.А. Румянцев***

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5

В первом выпуске Альманаха<sup>3</sup> в феврале 2022 года я отмечал, что Россия постоянно находится в состоянии возникающих перед ней угрожающих вызовов со стороны США и их союзников, целью которых является разрушение экономики и единства страны с полным подчинением выделившихся территорий западным странам. Чуть позднее, 24 февраля того же года, Россия была вынуждена начать ограниченную военную операцию в Украине для спасения русскоязычного населения Донецкой и Луганской областей от полного уничтожения украинскими неонацистами. За спиной Украины стоит мощь всех стран НАТО, которые по указке США поставляют военную технику, подготовленных наемников, разведывательную информацию и высококвалифицированных экспертов и т.д., то есть, по существу, прикрываясь громкими фразами о защите Украины, ведут необъявленную войну с Россией «до последнего украинца».

Ход военной операции за прошедшее с её начала время и решения военного командования нередко вызвали недоуменные вопросы, на которые не всегда удавалось получить конкретные ответы. Создавалось впечатление, что, вступив в военную конфронтацию участвующие стороны, Россия и НАТО на начальном этапе не до конца осознавали серьезность намерений друг друга, восприятие её населением Украины и России, экономические возможности и уровень вооружения, на использование которого стороны могут пойти. Ситуация оказалась слишком сложной и расходилась с предварительными представлениями, будучи подверженной влиянию множества внешних и внутренних обстоятельств, не все из которых возможно предвидеть и тем более выносить их на широкое обсуждение. Этим, в основном, и определяются регулярные корректировки планов проведения операций её военным и политическим командованием и рваный характер продвижения войск.

Проводимая Россией военная операция и бесчисленное множество санкций, принятых против неё Евросоюзом, сказались на экономическом состоянии страны и уровне жизни населения. Но, вопреки ожиданиям авторов санкций, они не привели её к полному экономическому краху и массовому росту рядов оппозиции против

---

<sup>3</sup> Петербургская академическая наука : альманах. Выпуск 1. К 30-летию Российской академии наук, 1991-2021 / под общей редакцией академика РАН В.А. Румянцева, д.б.н. М.И. Орловой. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2022. – 313 с.

руководства страны. Действительность оказалась иной. Россия не только выстояла, но и добилась определенных положительных результатов. Благодаря сбалансированным действиям со странами ОПЕК и переориентации в продаже углеводородного сырья с Европы на Азию произошло увеличение общего дохода при одновременном снижении добычи. В различных отраслях хозяйственной деятельности развернуты широкие работы по импортозамещению, поставлена задача возвращения в нужных количествах выпуска отечественных самолётов всех требующихся для страны классов по дальности полета, количеству пассажиров, грузоподъемности, цели и условиям их использования. Необходимо также отметить значительный рост в разных регионах страны патриотических и волонтерских движений, оказывающих неоценимую помощь участникам военных действий и гражданскому населению на освобожденных от неприятеля территориях.

Нельзя оставить без внимания и важный фактор четко обозначившего «раздела» между большинством живущего в скудных условиях населения страны, переживающего за неё, желающего ей победы в военной операции и готовых ради неё пойти на дальнейшие ограничения в своей и без того сложной жизни, и внутренней «пятой колонной», состоящей из людей, живущих на поступающие от стран Запада средства на пропаганду чуждых нам взглядов и подрыв наших устоев; артистической элиты, обласканной и возвеличенной государственным телевидением и обогатившейся за счёт неуплаты подоходных налогов за корпоративные концерты, а также олигархов, создавших в России огромные денежные состояния за счёт использования общенародных природных богатств или переданных в частные руки государственных предприятий, пожелавших их тратить за рубежом на удовлетворение потребностей своих семейств. Выехав из страны в трудное для неё время, часть из них заняла враждебную России позицию, выставляя её в самом неблагоприятном для неё виде.

В военном противостоянии с Украиной сейчас наступает крайне напряженный период. Страны НАТО объединяют свои усилия для поставки в Украину новых видов военной техники. Чем ответит на это Россия? В любом случае победа в войне с Украиной предсказывается большинством серьезных геополитических обозревателей из разных, в том числе недружественных нам стран. Но было бы ошибкой думать, что одержанная победа приведет к окончательному подрыву авторитета США в мире и существенному расшатыванию устоев Евросоюза и НАТО с возможным выходом из этих организаций отдельных европейских стран. США оказывают большое влияние на многие страны мира, играют лидирующую роль в таких международных организациях как ООН, ЮНЕСКО, ВТО, ВМО и др., и различных военных союзах, а также обладают огромным экономическим и научно-техническим потенциалом, который вместе с потенциалом стран НАТО, Японии, Южной Кореи, Канады, Австралии уже сегодня направлен на перевооружение их армий и скорейшее

преодоление отставания от России в современных видах военной техники. Поэтому очевидно, что ожидаемая победа над Украиной не будет означать прекращения постоянных вызовов России со стороны её злейшего многовекового идеологического противника – Западного мира во главе с англосаксами. Наоборот, поражение в Украине ещё больше ожесточит Западный мир и не исключено, что он постарается организовать новую войну с Россией, посредством одной из европейских стран, выбранной ими в качестве жертвы (возможно, и группы стран). Дальше всё пойдет по отработанному с Украиной сценарию – защита странами НАТО и Евросоюза жертвы безжалостного нападения России, только теперь уже с первого дня войны с поставками и использованием ими на поле боя более современного оружия. Цель остается прежней – максимальный подрыв экономических и оборонных возможностей России, уровня жизни населения и его доверия к руководству страны. Лидеры Западного мира не прекратят своих враждебных действий против России, пока англосаксы не осознают реальность ответных шагов, представляющих угрозу их населению на их собственных территориях.

Я глубоко убежден, что необходимые для страны кардинальные преобразования в необычайно сложный, по существу, судьбоносный для её будущего период, не удастся полностью, своевременно и успешно осуществить при отсутствии в стране государственной идеологии. Прежняя, разработанная в советское время, была полностью отвергнута пришедшей к власти либерально мыслящей частью российского общества, эта часть и сегодня убеждена в её нецелесообразности. Но такая позиция – это отражение их собственной идеологии, ориентирующей на приоритет личных выгод над интересами общества. Находясь в течение многих лет у власти в стране, либеральное руководство закрывало глаза на формирование «пятой колонны», толкающей Россию к полной катастрофе. Принятие государственной идеологии нашим многонациональным населением будет способствовать консолидации душевных, нравственных, интеллектуальных и физических возможностей людей на достижение общей для всех цели, отстаивание исконных для большинства населения страны идеалов и на борьбу с посягающими на них разнокалиберными внутренними и внешними противниками. Разработка такой идеологии, которая должна обосновать цели и пути преобразований в политической жизни страны, экономической и финансовой сферах, культуре, образовании и т.д., по силам лишь патриотически настроенной (в истинном смысле), образованной и масштабномыслящей части нашего общества. Ниже я остановлюсь на двух моментах, которые часто упускаются из вида.

Развитие России до сих пор осуществляется в соответствии со стратегией, разрабатываемой либеральным руководством страны, в которой все внимание направлено на два десятка крупнейших в стране городов, обеспечивающих максимальный доход для предпринимателей. В эти города происходит постоянная

миграция населения из окружающих их районов и областей с практически полным уничтожением существовавшей в этих районах инфраструктуры. По этой причине подавляющая часть территории России превратилась в неприглядную череду полузаброшенных малых городов, опустевших поселков и деревень, разрушенных промышленных предприятий и животноводческих ферм, зарастающих полей, лугов и пастбищ и т.д. И это в стране, значительная часть населения которой живёт практически впроголодь и которая при её природных богатствах могла бы одна прокормить половину населения всего Земного шара. Не надо также забывать, что отток населения на постоянное местожительство в крупные города нарушает связь человека со своей малой родиной. Воспоминания и любовь к своим семьям, сакральным датам, событиям и местам малой родины является основой патриотизма защитников отечества, которая вдохновляла их на героические поступки при освобождении территорий в Украине. Об опасности разрыва связи с малой родиной свидетельствует, в частности тот факт, что значительная часть молодёжи, переселившейся в крупные города, избегая призыва в армию, предпочла на период военной операции мигрировать за рубеж. Учитывая сказанное, считаю необходимым в государственную идеологию включить абзац о развитии регионов и крупных городов России исходя из принятия Государственной Думы Верховного Совета РФ единого территориального плана строительства в стране жилья и требующихся для нормальной жизни людей, инфраструктур.

Для России сегодня стало традицией, после освобождения территорий в Украине сразу приступать к их восстановлению. Такой подход является не только гуманным и высоконравственным, но и оправданным экономически. Вместе с тем нельзя забывать и о не всегда подходящих условиях проживания семей защитников отечества на их малой родине. В боях за освобождение территорий Украины многие из них потеряли часть своего здоровья, стали инвалидами или отдали свою жизнь. Вряд ли будет справедливым, если участники военных операций и их семьи будут проживать в условиях, значительно уступающих условиям для жителей освобожденных ими территорий. Такое положение, к сожалению, постоянно имеет место в нашей стране. Этот сложный и болезненный для коренных жителей России вопрос должен найти решение в государственной идеологии.

Возвращаясь к кардинальным преобразованиям, необходимо отметить, что в серьезной реформе нуждается система управления наукой в стране и осуществление научной деятельности. В существующей в настоящее время «расплывчатой» форме управления наука не в состоянии своевременно обеспечить требующийся уровень исследований, прежде всего, в основополагающих отраслях промышленности, в том числе оборонной. РАН как признанный в стране лидер в области фундаментальных исследований вынуждена сегодня заниматься экспертизой многочисленных, разноплановых и малозначимых работ институтов разных министерств и ведомств,

вместо того чтобы формировать программы работ в наиболее перспективных направлениях и осуществлять научное руководство. На общем собрании членов РАН в мае 2022 года состоялось избрание новых членов. К всеобщему удивлению членов бывшей «большой академии», наибольшее число вакансий было отдано Отделениям медицинских наук и сельскохозяйственных наук. Многими это было воспринято, как стремление президента РАН и некоторых вице-президентов заручиться поддержкой членов названных отделений на предстоящих выборах руководящих органов РАН. В итоге выборов новых членов РАН в Санкт-Петербурге, являющимся одним из ведущих культурных, исторических и индустриальных центров не только в России, но и в мире, в настоящее время имеется 205 членов РАН, при этом «медики» и «сельскохозяйственники» составляют почти 40 % от общего количества, остальные 60 % приходятся на ведущих учёных из 11 других профильных Отделений РАН. Названное положение в распределении по специальностям членов РАН для Санкт-Петербурга вряд ли можно считать обоснованным и удовлетворяющим запросам страны и региона.

В ноябре 2022 года состоялись выборы руководящих органов РАН. На должность президента РАН были выдвинуты академики РАН Г.Я. Красников, Д.М. Маркович, Р.И. Нигматулин, А.М. Сергеев. Кандидатуры двух последних не были одобрены правительством РФ. По результатам проведенного голосования президентом РАН на пятилетний срок был избран академик Г.Я. Красников. Направления намеченной им деятельности РАН очень четко прописаны в изданной им избирательной программе, и остается лишь пожелать новому президенту РАН успешной ее реализации.

На указанном Общем собрании членов РАН было также принято Постановление об организации Санкт-Петербургского отделения РАН, а спустя полгода, 17 мая 2023 года было выпущено Распоряжение правительства РФ о создании СПБО РАН. Финансирование СПБО РАН будет осуществляться в рамках бюджетных ассигнований, выделенных РАН на соответствующий финансовый год и плановый период.

На собраниях членов РАН неоднократно поднимался вопрос о возвращении институтов РАН в Академию наук, что, по мнению выступавших, повысит уровень их научных исследований. Последнего невозможно добиться без увеличения объёмов финансирования и оснащения современным оборудованием. И нет никаких оснований полагать, что при передаче институтов в РАН Минобрнауки выделит на них дополнительные средства. Усиление влияния РАН на деятельность институтов можно добиться, согласовав с Минобрнауки два положения:

1. Согласование кандидатуры на должность директора института РАН проводить с обязательным изложением своих программ работ институтов на пять лет всеми претендентами на заседании бюро профильного отделения. Такое рассмотрение

бывает не столь часто, и эта процедура не станет непомерной нагрузкой для членов бюро.

2. Вместо написания формальных решений на планы работ и отчёты институтов надо вернуться к прежней системе комплексных проверок раз в пять лет. Председателем комиссии должен быть член РАН, по согласованию с которым формируется весь её состав. Результаты работы комиссии должны докладываться на бюро отделения с обязательным докладом директора института.

Сегодня, однако, в очень сложное для страны время, положение институтов РАН, находящихся в ведении Министерства науки и высшего образования, несмотря на твердую их поддержку президентом РАН, с моей точки зрения, выглядит довольно неопределённо. Обострение военного противостояния России и НАТО и вступление в него Финляндии потребует существенного увеличения затрат на обороноспособность страны. Оно может быть обеспечено за счёт перераспределения и снижения расходов на другие потребности государства, в том числе на науку. Чтобы не проводить непопулярную меру сокращения численности работающих в институтах РАН, часть институтов может быть передана на обеспечение научных исследований и разработок в соответствующие профилю их деятельности министерства и ведомства. Перед институтами будет поставлена задача обеспечить реализацию полученных ими в прежние годы результатов фундаментального характера в практическую деятельность профильной отрасли. По существу, это может выглядеть как возрождение уничтоженной в 90-е годы отраслевой науки, которая была «переходным мостом» для внедрения результатов фундаментальной науки в производственную деятельность отраслей и министерств.

Дополнительно к сказанному возможен также вариант образования нескольких крупных междисциплинарных центров. В отличие от Курчатовского центра, основная деятельность которого направлена на решение фундаментальных проблем атомной отрасли, такие центры могут заниматься важными прикладными государственными задачами, например, самолётостроением, включая пилотируемые и беспилотные летательные аппараты, или микроэлектроникой, где могут быть объединены усилия российских и белорусских научных и производственных организаций.

В заключение считаю нужным подчеркнуть, что представленные в статье сценарии противостояния России и Запада, а также изменений в положении институтов РАН, это мой личный взгляд, основанный на собственных представлениях. Как в действительности будут развиваться события, покажет ближайшее время.

**1. САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР: 40 ЛЕТ ИСТОРИИ**



**История Санкт-Петербургского научного центра  
Российской академии наук  
Е.А. Иванова, М.И. Орлова**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5

Почти 300 лет назад была основана Академия наук в Петербурге. После революционных преобразований страны она стала в 1925 году Академией наук Союза Советских Социалистических Республик (АН СССР). Перенос столицы в Москву потребовал перевода академического руководства к центральным органам управления государством. Он также потребовал и создания соответствующих структур по управлению академической наукой в Ленинграде – крупнейшем научном центре страны. На временном отрезке от 1935 до 1978 года основными такими структурами были *Временная комиссия по заведованию ленинградскими академическими учреждениями*, *Ленинградское административно-хозяйственное управление* (ЛАХУ) и *аппарат уполномоченного Президиума АН СССР по Ленинграду*. В период с 1978 по 2013 год координационными органами, осуществлявшими помимо управленческих функций взаимодействие с властными структурами, реальными секторами экономики, разработку фундаментальных и прикладных научных программ всесоюзного и регионального уровней, стали *Межведомственный координационный совет* (МКС) и *Ленинградский (Санкт-Петербургский) научный центр* (ЛНЦ АН СССР – СПбНЦ РАН). В целом историю развития учреждений науки в Ленинграде–Санкт-Петербурге, включая и СПбНЦ РАН, можно подразделить на два периода: *советский*, продлившийся по 1991 год включительно, и *постсоветский*, логично распадающийся на два этапа: *постсоветский дореформенный* и *постсоветский пореформенный*. Последний этап является продолжающимся и охватывает последние 10 лет. Его начало приходится на 2013 год, явившийся годом реализации неоднозначной реформы РАН, приведшей к фактическому отделению Академии от академических институтов. Этот этап ознаменовался кардинальными переменами для всего научного сообщества, а для СПбНЦ РАН стал временем смены статуса и полной трансформации Центра из организации, выполнявшей функции координации, в учреждение науки. В этом статусе в 2023 году Центр встретил своё сорокалетие. Однако, несмотря на перевод в категорию Федерального государственного бюджетного учреждения науки (ФГБУН), в Уставе Центра и поныне содержатся виды деятельности, присущие советскому и постсоветскому дореформенному ЛНЦ–СПбНЦ. Это оставляет и за пореформенным СПбНЦ РАН

потенциальную возможность для частичного возобновления объединительно-организационного функционала, при сохранении у данного учреждения сформировавшихся в последнее десятилетие научных структурных подразделений и тематик междисциплинарных исследований в рамках Госзадания и внебюджетных проектов, в случае если произойдёт реставрация дореформенных отношений ФГБУ РАН и нынешних учреждений науки, подведомственных Министерству науки и высшего образования РФ. Вполне возможно и вхождение Центра в состав Санкт-Петербургского отделения РАН и его активное участие в его становлении.

Деятельность СПбНЦ РАН в различные периоды его 40-летней истории нашла отражение во многих научных и научно-популярных изданиях, некоторые из них представлены на рис. 1.



Рис. 1. Научные и научно популярные издания об истории ЛНЦ АН СССР – СПбНЦ РАН

## Советский период

### Организация управления наукой в Ленинграде в 1935-1978 годах

После переезда в Москву Президиума Академии наук хозяйственные службы были разделены на московскую и ленинградскую части. Управление делами, находившееся при Президиуме в Москве, имело свое отделение и в Ленинграде. В

1935 г. в Ленинградское административно-хозяйственное управление (ЛАХУ) входили: финансовый сектор, жилищно-коммунальное управление, автобаза. ЛАХУ размещалось в здании Академии на Университетской набережной, д. 5. Московскую и ленинградскую части имел и Комитет по подготовке кадров, созданный в 1925 г. Отвечая за всю аспирантуру Академии, Комитет должен был объединять и организовывать работу всех академических научно-исследовательских институтов в области подготовки высококвалифицированных научных работников по представленным в Академии наук специальностям. Его ленинградская часть также размещалась в здании на Университетской набережной<sup>4</sup>. Свои служебные кабинеты в Ленинграде сохраняли и руководители Академии: её президент академик Александр Петрович Карпинский, вице-президент академик Владимир Леонтьевич Комаров (ставший Президентом в 1936 г. и выполнявший эти обязанности по 1945 г.), непререкаемый секретарь академик Вячеслав Петрович Волгин.

В 1935 г. было принято постановление о временной комиссии по заведованию ленинградскими учреждениями, наблюдению за выполнением решений Президиума и помощи в решении возникающих вопросов. Это был новый орган управления ленинградскими академическими учреждениями Президиумом АН СССР. Комиссию возглавлял В.Л. Комаров. Во время Великой Отечественной войны Комиссией руководили академики Леон Агбарович Орбели, Сергей Александрович Жебелёв, Игнатий Юлианович Крачковский. После войны (1945–1951 гг.), когда Президентом Академии был академик Сергей Иванович Вавилов, в Ленинграде в главном здании Академии наук находился «Кабинет Президента АН СССР»<sup>5</sup>.

В 1953 г. исполняющим обязанности уполномоченного Президиума АН СССР по ленинградским учреждениям стал директор Физико-технического института АН СССР д.ф.-м.н., академик Украинской ССР Антон Пантелеймонович Комар. К этому времени ввели также должность уполномоченного Центрального управления капитального строительства по Ленинграду и Ленинградской области. Были созданы Особое строительно-монтажное управление «Ленакадемстрой» и Ленинградская проектная контора. Для ленинградских академических учреждений были открыты Дом аспирантуры, а в 1955 г. – общежитие для приезжающих учёных на улице Халтурина.

Позже уполномоченными Президиума по Ленинграду были академик Александр Алексеевич Лебедев (с 1955 г.), академик Михаил Полиевктович Костенко (с 1958 г.), академик Борис Евсеевич Быховский (с 1965 г.). В 1971 г. уполномоченным стал директор Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе академик Владимир Максимович Тучкевич. В эти годы уполномоченный получал от Президиума поручения, связанные с созданием новых институтов или с расширением

---

<sup>4</sup> Справочник Академии наук на 1935 год.

<sup>5</sup> Справочник Академий наук союзных республик на 1950 год. М.; Л., 1950. С. 218.

существующих, когда нужно было получить согласование по штатам или по месту расположения у ленинградских партийных и хозяйственных органов. Кроме того, через уполномоченного передавались запросы ленинградских институтов к Президиуму АН СССР. Но в Постановлениях Президиума АН СССР, получаемых в Ленинграде, в числе ответственных за те или иные пункты имя уполномоченного встречается крайне редко. В основном ответственными были отраслевые отделения АН СССР, которым с 1954 г. было поручено вести все дела институтов, относящихся к данному отделению.

Логика быстро растущего хозяйства Академии, с одной стороны, и желание расширить функции местных органов, с другой, приводили к усложнению ленинградского аппарата управления. В 1968 г. было принято решение «в связи с увеличением объёма работ по организации и обслуживанию проводимых в г. Ленинграде научных мероприятий общеакадемического значения ... создать Организационный отдел в составе Административно-хозяйственного управления ленинградских учреждений»<sup>6</sup>.

В 1974 г., помимо ЛАХУ, был создан аппарат уполномоченного Президиума АН СССР по Ленинграду. В него вошли учёный секретарь ленинградских учреждений АН СССР, группа экономического и социального планирования, группа управления кадров, иностранный отдел. В ЛАХУ остались хозяйственные службы и академические организации социально-бытовой сферы. Отметим и произошедшее в это время расширение функций аппарата уполномоченного. В 1974 г. под заголовком «Академия наук СССР. Ленинградские учреждения» вышли Методические рекомендации к разработке плана экономического и социального развития для ленинградских академических организаций<sup>7</sup>, что отвечало требованиям Ленинградского Обкома КПСС (ЛОК КПСС) о разработке комплексных планов экономического и социального развития во всех организациях города.

Однако реальное влияние на научную деятельность ленинградских академических институтов оказывали отраслевые отделения АН СССР в Москве. Они решали, какие направления науки развивать, определяли размер финансирования каждого института и каждой темы, утверждали директоров, планы работы, отчёты. Раз в несколько лет академические институты подвергали комплексной проверке, план проверок и состав комиссий тоже готовился в Москве. Представитель Президиума в Ленинграде был в значительной степени фигурой номинальной.

---

<sup>6</sup> Распоряжение Президиума АН СССР от 15 апреля 1968 г. № 39-495. Архив СПбНЦ РАН.

<sup>7</sup> Методические рекомендации к разработке плана экономического и социального развития комплекса ведомственных организаций (на примере ленинградских учреждений Академии наук СССР). – Л., 1974.

## **Организация, структура и деятельность Межведомственного координационного совета АН СССР в Ленинграде**

В 1978 году уполномоченным Президиума АН СССР стал академик Игорь Алексеевич Глебов. В это время актуальным было постановление правительства об организации Уральского, Дальневосточного и Северо-Западного отделений АН СССР. Уральское и Дальневосточное отделения уже действовали, И.А. Глебов подготовил проект создания Северо-Западного научного центра с определенным объемом финансирования, согласовал его у руководства Академии и в аппарате Правительства. Но отделения АН СССР выступили против того, чтобы академические институты Ленинграда управлялись на уровне региона. Тогда было принято компромиссное решение об организации Межведомственного координационного совета АН СССР в Ленинграде (МКС), состоящего при Президиуме Академии, с основными научными задачами Северо-Западного отделения.

В 1979 г. были подготовлены и приняты основные документы, регламентирующие структуру, статус, функции МКС и четырнадцать специализированных научных советов. Определен его персональный состав: выбраны председатели и члены научных советов, сформирован штат освобожденных учёных секретарей. К концу 1979 г. закончился подготовительный этап работы МКС, были утверждены почти все специализированные советы, многие из них начали работу и провели первые заседания. Организационно-техническое и финансовое обеспечение работы МКС АН СССР в Ленинграде и специализированных научных советов возлагалось на Ленинградский научно-исследовательский вычислительный центр АН СССР.

В первоначальный состав МКС входили Научные советы: по инженерным проблемам термоядерного синтеза и физике плазмы, по проблемам судостроения, по общественным наукам, по физике твердого тела, по химическим наукам, по проблемам автоматизации исследований и управления, по проблемам физиологии, по полезным ископаемым, по проблемам приборостроения. Кроме названных, позже в МКС входили Научные советы: по проблемам охраны окружающей среды, по экономическим и социальным проблемам, по проблемам энергомашиностроения и энергетики, по порошковой металлургии и композиционным материалам. К 1989 г. число советов выросло. Помимо перечисленных, в состав МКС входили советы: по космическим исследованиям для народного хозяйства, по проблемам комплексного использования и воспроизводства лесных ресурсов, по проблемам строительного комплекса, по комплексным проблемам транспорта, по медицинским наукам.

Методом воздействия советов на реальную научно-техническую политику была подготовка предложений в Президиум АН СССР, в союзные, республиканские и

территориальные советские и плановые органы о выделении материально-технических, финансовых и трудовых ресурсов для проведения научных исследований по тематике Совета, о внедрении результатов законченных работ в народное хозяйство. Советы готовили также предложения о включении своих научно-технических программ в качестве составных частей в программы Государственного комитета по науке и технике, в министерские программы. Предложения носили рекомендательный характер.

Научно-технические направления, по которым были созданы советы МКС, основывались на особенностях научного и производственного потенциала Ленинграда. Отбирались те отрасли науки, по которым в городе существовали сильные научные школы (физика, физиология, гуманитарные исследования, химия, геология и др.), а также научно-технические направления, которые отражали сложившуюся производственную специализацию города и Северо-Западного региона (судостроение, энергомашиностроение, геологоразведочные работы, обработка древесины и т.п.).

Предполагалось, что советы являются той новой формой, в рамках которой межведомственное и межотраслевое сотрудничество выражается в виде комплексных целевых программ по отдельным направлениям научных исследований или научно-технических разработок. Основная задача объединения отраслевых усилий заключалась в том, чтобы в программах оптимально (с точки зрения окончательного результата) распределились задания между учреждениями Академии наук, вузами, отраслевыми научно-исследовательскими институтами, проектно-конструкторскими организациями и предприятиями.

В 1981–1989 гг. советы МКС подготовили несколько десятков программ и координационных планов. Значительная часть этих программ (планов) была утверждена органами управления, имеющими союзный или общероссийский статус, – Госпланом СССР, Госпланом РСФСР, Государственным комитетом по науке и технике (ГКНТ), другими государственными комитетами, министерствами и т.п.

В своей деятельности советы МКС ориентировались на промышленный потенциал города, поэтому некоторые направления работы советов МКС были связаны с потребностями городских предприятий. Для них Совет по проблемам автоматизации исследований и управления подготовил программу развития автоматизированной системы управления и внедрения вычислительной техники, а также программу промышленной робототехники. Обе программы были поддержаны исполнительными и плановыми органами города.

Составление Комплексных программ научно-технического прогресса для страны в целом и для всех её экономических районов и республик было попыткой обновления процесса планирования. До конца 1980-х годов каждый следующий пятилетний план составлялся по образцу предыдущего. В этой процедуре не была

предусмотрена стадия долгосрочного прогнозирования. Не было и среднесрочных концепций социально-экономического развития, при разработке которых обсуждались бы основные варианты возможной динамики экономических и социальных процессов. Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 июля 1979 года предусматривало разработку Комплексной программы научно-технического прогресса СССР (КП НТП СССР). В течение 1981–1982 гг. следовало разработать КП НТП РСФСР на 1986–2005 гг. (по пятилетиям). В составе КП НТП РСФСР предусматривалось формирование четырнадцати Региональных комплексных программ научно-технического прогресса (РКП НТП), в том числе РКП НТП Ленинграда и Ленинградской области. Председателем Региональной комиссии по разработке этой программы был назначен председатель МКС АН СССР в Ленинграде академик И.А. Глебов, а головной организацией комиссии – Институт социально-экономических проблем АН СССР (ИСЭП).

В обновленном виде система планирования должна была включать двадцатилетний прогноз, концепцию социально-экономического развития на ближайшие десять лет и пятилетний план. Предусматривалось, что каждые пять лет прогнозы и концепции должны обновляться. Кроме того, сложившуюся к тому времени систему ведомственного планирования Комплексная программа НТП дополняла сеткой региональных «прогнозов–концепций–планов». Формирование подобной программы потребовало проведения научных исследований по проблемам научно-технического прогнозирования и планирования, подготовки организационно-методических материалов и, наконец, формирования самой программы. Все эти работы были включены в координационные планы.

Особое внимание Научный совет по экономическим и социальным проблемам МКС АН СССР уделял центральному разделу Комплексной программы НТП «Основные направления научных исследований». К этой работе привлекались и другие специализированные советы МКС. Они участвовали в составлении прогнозов, давали предложения, какие научно-технические программы следует разрабатывать в городе в ближайшие 5–10 лет, подготавливали перечни результатов научных исследований, предлагаемых к внедрению в производство.

Несмотря на ограниченные возможности влиять на перераспределение основных финансовых и материальных потоков внутри научно-технической сферы, советам МКС в 1979–1989 гг. удалось в какой-то мере содействовать реализации нескольких десятков научно-технических проектов.

Таким образом, после длительного перерыва в городе появилась и более десяти лет функционировала (в том числе и после создания, и в период становления ЛНЦ АН СССР, и вплоть до 1992 г., когда МКС был реорганизован в Междисциплинарный координационный совет уже Санкт-Петербургского научного центра РАН) научно-организационная структура Академии наук – непосредственная

предшественница Ленинградского научного центра. Наряду с отделениями АН СССР советы МКС рассматривали планы и отчёты ленинградских академических организаций, использовали свои информационные, организационные и ресурсные возможности для содействия исследованиям; провели изучение всего научного потенциала города: академических, вузовских и отраслевых организаций. В 1980-е гг. в отрасли «Наука и научное обслуживание» работало около 400 тысяч ленинградцев.

### **Ленинградский научный центр (ЛНЦ АН СССР)**

В 1983 году академику И.А. Глебову удалось создать Ленинградский научный центр. Его задачами были оказание помощи академическим учреждениям в выполнении ими своих планов и координация их деятельности с другими научными организациями региона, с вузами и отраслевыми институтами. Центр стал одной из многих региональных организаций АН СССР. В отличие от Сибирского, Уральского и Дальневосточного отделений научные центры не были включены в механизм финансирования академических институтов. Объём средств, получаемых последними, определялся отделениями АН СССР по направлениям наук. Научный центр не мог оказывать прямого влияния и на тематику исследований в институтах. Тематические планы институтов и их научные отчёты могли обсуждаться в научном центре, а затем они передавались в отделения Академии. Решения Президиума Центра носили рекомендательный характер. Штатная численность центра была установлена в 68 человек. Ленинградский научный центр разместился в главном здании Академии наук в Ленинграде. При создании ЛНЦ под его управлением были 32 научные организации, 3 учреждения, осуществлявшие научное обслуживание, 3 промышленные предприятия, 2 строительные организации и 1 проектная, 3 учреждения здравоохранения и ряд других (детские сады, столовая, гостиница и т.д.).

Временное положение о Ленинградском научном центре было утверждено Постановлением Президиума АН СССР 26 мая 1983 г. В Положении констатируется, что «Центр объединяет научные учреждения и организации Академии наук СССР в Ленинграде и Ленинградской области и опирается в своей работе на членов Академии наук СССР, ведущих работу в ленинградских научных учреждениях и организациях». Центр должен работать по плану, утвержденному Президиумом АН СССР, и отчитываться перед ним о своей деятельности. В эти годы Президиум ЛНЦ АН СССР собирался несколько раз в год. Заслушивался доклад о развитии одного из направлений научных исследований и организационные вопросы. К ним относились: поддержка кандидатур на должность директора академического института, обращение в центральные органы о выделении ресурсов, включение ленинградских

исполнителей в государственные научные и технические программы, решение о проведении конференций или выставок.

Общие собрания академиков и членов-корреспондентов Ленинградского научного центра АН СССР состоялись 23 февраля и 23 июня 1989 г. На них председателем Президиума Центра был выбран академик Жорес Иванович Алфёров, а также избраны члены Президиума Центра. В октябре 1989 г. было утверждено новое Положение о Ленинградском научном центре. В Положении сохранялся порядок выборов председателя Президиума Центра на Общем собрании АН СССР по представлению Президиума Академии наук. В то же время предусматривалось, что кандидатуры на должность председателя Президиума ЛНЦ должны предварительно рассматриваться на Общем собрании ленинградских членов АН СССР. Тем самым повышалась роль Общего собрания ленинградских членов Академии. Наряду с Президиумами АН СССР и Центра право выдвижения кандидатов на должность председателя Президиума получили научные учреждения Центра и работающие в Ленинграде члены АН СССР. В Положение был также введен пункт о том, что ЛНЦ представляет в Президиум АН СССР предложения по финансированию проектов планов по региональной тематике. В 1990–1991 г. Президиум ЛНЦ провёл десять заседаний. Одно из них было посвящено рассмотрению вопроса о состоянии хранения и использования архивных фондов гуманитарных учреждений ЛНЦ АН СССР.

## **Постсоветский период**

### **ЛНЦ АН СССР – СПбНЦ РАН и статус РАН в дореформенный постсоветский этап**

В постановлении Президиума ЛНЦ от 27 декабря 1991 года было определено: «Просить Президиум Российской академии наук в связи с возвращением городу Ленинграду первоначального названия Санкт-Петербург, а также с преобразованием Академии наук СССР в Российскую академию наук, принять постановление впредь Ленинградский научный центр АН СССР именовать Санкт-Петербургским научным центром Российской АН (СПбНЦ РАН)». Ленинградский научный центр вступал в новый этап своей истории.

В 1992 г. решением Президиума РАН по просьбе Президиума СПбНЦ РАН Междуведомственный координационный совет РАН был реорганизован в Междисциплинарный координационный совет Санкт-Петербургского научного центра РАН, а его сотрудники переведены в СПбНЦ РАН. Число Советов было уменьшено до пяти, они получили название «Объединённые научные советы», т.к. в их состав входили более частные научные советы.

В 1992 г., после распада в конце 1991 г. СССР, прекратила своё существование и организационная структура, охватывавшая всю сферу научно-технической

деятельности в СССР – Госпланы СССР и РСФСР, Государственный комитет по науке и технике СССР, большинство министерств и ведомств, что привело к почти полному исчезновению общегосударственных и ведомственных целевых научно-исследовательских и научно-технических программ. Значительная часть отраслевых институтов была закрыта, резко сократился научный сектор в высших учебных заведениях. В 1992–1993 гг. в двадцать раз сократилось бюджетное финансирование Академии наук. Постоянные задержки в поступлении средств и скачкообразный рост цен и тарифов создали экстремальные условия существования научных учреждений РАН. Падение объёмов промышленного производства, закрытие многих предприятий и отраслевых институтов резко уменьшили возможности заключения договоров с хозяйствующими субъектами на проведение научных исследований. Сокращение прежних источников финансирования частично компенсировалось появлением новых. С 1993 г. началась деятельность отечественных фондов, поддерживающих научные исследования. У российских учёных появились возможности получения грантов от международных фондов и заключения договоров с иностранными фирмами.

Особое значение для Академии имел Указ Президента РФ от 15 апреля 1996 года «О мерах по развитию фундаментальной науки в Российской Федерации и статусе Российской академии наук». Указ повышал роль и статус Академии. Было предусмотрено, что РАН станет общероссийской самоуправляемой некоммерческой научной организацией, а её финансирование будет осуществляться за счёт средств федерального бюджета и иных источников, предусмотренных законодательством Российской Федерации. Устанавливалось также, что наряду с проведением своих фундаментальных исследований Академия принимает участие в координации всех фундаментальных исследований в стране, осуществляемых за счёт федерального бюджета. В августе 1996 г. был принят Федеральный Закон «О науке и государственной научно-технической политике», который закрепил государственный статус РАН и её учреждений.

В 2007 г. был утверждён новый Устав РАН, в который были внесены изменения в 2008, 2010 и 2011 гг. В нём Санкт-Петербургскому научному центру посвящались три пункта и констатировалось, что: «Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук объединяет её членов, работающих в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области, и научных сотрудников подведомственных академии организаций, расположенных в этом регионе. Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук объединяет научные организации, образовательные организации, инновационные организации, а также организации научного обслуживания и социальной сферы.

Основными задачами Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук являются развитие исследований по междисциплинарным

региональным программам, выполняемым организациями Санкт-Петербургского научного центра РАН, содействие проведению исследований, порученных организациям Санкт-Петербургского научного центра отделениями Академии, координация сотрудничества академических организаций с отраслевыми научно-исследовательскими институтами и вузами региона.

Председатель Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук избирается из числа действительных членов академии и утверждается в составе Президиума Академии её общим собранием»<sup>8</sup>.

В состав Санкт-Петербургского научного центра в раннее постсоветское время (рубежом которого для академической науки стал 2013 год) входило свыше 60 учреждений, организаций и предприятий РАН, расположенных в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Общая численность работавших в научных подразделениях составила 13,2 тыс. человек. Из 44 научных коллективов, входивших в СПбНЦ РАН, 33 являлись самостоятельными научно-исследовательскими институтами и организациями, 9 – филиалами, отделениями и отделами иногородних (в большинстве случаев московских) институтов, 2 – учебными кафедрами. Среди научных учреждений СПбНЦ РАН – два гиганта: Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе и Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова, насчитывающие каждый более двух тысяч сотрудников.

Аппарат Президиума СПбНЦ РАН включал в себя управления организации научных исследований, внешних связей и финансовое управление. В него входили также: отдел научных кадров и аспирантуры, юридическая служба, секретариат и Санкт-Петербургский филиал межрегионального территориального органа Министерства имущественных отношений России по Санкт-Петербургу и Ленинградской области «Агентство по управлению имуществом РАН». В Научный центр входили научно-организационные подразделения (отдел междисциплинарных региональных программ и отдел телекоммуникаций) и научно-образовательные учреждения (кафедра иностранных языков и кафедра философии). При Центре состояли автотранспортный и хозяйственный отделы и 3 детских учреждения. Согласно Уставу Центра до 2013 года, Центр владеет, пользуется и распоряжается имуществом, принадлежащим ему на праве оперативного управления. В состав имущества Центра входят здания, сооружения, оборудование, приборы, транспортные средства, средства связи и другое имущество, обеспечивающее деятельность и развитие Центра, а также социальные потребности работников Центра.

Основными задачами Центра являлись: развитие исследований по междисциплинарным региональным программам, выполняемым организациями Центра; содействие проведению исследований, порученных организациям Центра

---

<sup>8</sup> Устав Российской академии наук. Утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2007г. №785, п.64-66.

отделениями РАН; координация сотрудничества академических организаций с отраслевыми научно-исследовательскими институтами и вузами региона. Президиум Центра утверждал председателей объединённых научных советов Междисциплинарного координационного совета и по их представлению формировал объединённые научные советы по основным научным направлениям, заслушивал и утверждал их отчёты.

Одним из видов деятельности Центра провозглашались организация и проведение фундаментальных научных исследований, а также прикладных работ, имеющих важное значение для хозяйственного и культурного развития региона. О региональных программах речь пойдет ниже. Анализ практики 1991–2013 гг. показывает развитие диалога городских властей и учёных. Одним из важнейших решений, принятых на совместном заседании Правительства Санкт-Петербурга и Президиума Санкт-Петербургского научного центра РАН в июне 1999 г., стало учреждение именных научных премий Правительства Санкт-Петербурга и Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук за выдающиеся научные результаты в области науки и техники. Было положено начало традиции объявления имен лауреатов в канун Дня города, 27 мая. В 2022 г. число номинаций достигло семнадцати, две из них, премия Л. Эйлера и премия Е.Р. Дашковой, предназначены для молодых учёных до 35 лет.

Направления работы Президиума СПбНЦ РАН соответствовали направлениям деятельности Центра, закреплённым в его Уставах. При сравнении с деятельностью Центра до 1992 г. можно отметить несколько отличий: выросла роль Президиума как органа, объединяющего академическое сообщество Петербурга; расширилась экспертная деятельность Объединённых научных советов Центра; шла регулярная работа по формированию Научных программ СПбНЦ РАН.

С 1992 г. Президиум, в работе которого в последние советские и первый постсоветской год наметился спад, стал работать как междисциплинарный семинар, аналогично Президиуму РАН, возродив традицию научных докладов ведущих сотрудников петербургских институтов по наиболее интересным результатам и направлениям исследований. В 1992–2013 гг. ежегодно заслушивалось от 6 до 13 таких докладов. Институты отбирали для докладов лучшие и наиболее перспективные разработки. Многие исследования, доклады по которым были заслушаны на заседаниях Президиума, были рекомендованы для включения в Программу СПбНЦ РАН и получили финансовую поддержку.

Кроме отчётов о деятельности Президиума и отчётов о деятельности объединённых научных советов на заседаниях Президиума СПбНЦ РАН регулярно заслушивались сообщения руководителей академических институтов об опыте работы в кризисных условиях (цикл докладов в 1997–1998 гг.), о развитии международных научных связей институтов СПбНЦ РАН (1998–2008 гг.),

о деятельности научных обществ РАН (с 1999 г.), о потенциале проведения исследований в академических институтах и использовании их результатов (2002–2009 гг.), о перспективах науки и международных связях институтов РАН (2009–2012 гг.). В 2011 г. начался новый цикл докладов – учреждений, находящихся под научно-методическим руководством СПбНЦ РАН. Ещё один цикл «Университеты Санкт-Петербурга» начался в 2012 г. Из наиболее важных научно-организационных вопросов следует отметить: утверждение составов экспертных советов по присуждению премий; утверждение структуры и составов Комиссий при Президиуме СПбНЦ РАН; согласование кандидатур на выборах директоров институтов и учреждений, входящих в структуру СПбНЦ РАН.

Президиум РАН неоднократно проводил свои выездные заседания совместно с заседаниями Президиума СПбНЦ РАН. Несколько раз совместные заседания Президиума СПбНЦ РАН проводились с Правительством Санкт-Петербурга, а также с Учёными советами научных учреждений Центра. Они зачастую были приурочены к юбилейным и памятным датам, которые отмечали институты.

На выездном заседании Президиума РАН 17-19 марта 1997 года был представлен доклад вице-президента РАН, председателя СПбНЦ РАН академика Ж.И. Алферова «О состоянии фундаментальных исследований и положении академических учреждений в Петербурге» и принято постановление РАН о неотложных мерах по поддержке науки Петербурга, сохранению ее социальной инфраструктуры и материальной базы. К этому заседанию была организована выставка «Основные результаты научной деятельности академических институтов Петербурга в 1992–1996 годах».

В рамках мероприятий, посвящённых 275-летию Академии наук, 20-22 сентября 1999 г. состоялось выездное заседание Президиума РАН в Петербурге. В программу этого заседания вошли: посещение Научно-образовательного центра Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе, собственно заседание Президиума, посещение экспозиции петербургских академических институтов на выставке-конгрессе «Промэкспо. Российский промышленник-99», размещенной в выставочном комплексе «Ленэкспо». 16 января 2003 года состоялось совместное заседание Президиума СПбНЦ РАН, Бюро Отделения историко-филологических наук РАН и Учёного совета Санкт-Петербургского филиала Архива РАН, посвященное 275-летию академического Архива.

В 1992–2013 гг. прошло немало мероприятий Президиума СПбНЦ РАН, посвященных выдающимся представителям науки и культуры: Е.Р. Дашковой, М.В. Ломоносову, Леонарду Эйлеру, Д.И. Менделееву, Чарльзу Дарвину, Н.И. Вавилову, С.Ф. Ольденбургу, В.И. Вернадскому, И.П. Павлову, Б.П. Константинову, Ю.Б. Харитону, Н.А. Львову, Л.В. Канторовичу, И.И. Дмитриеву, В.К. Третьяковскому, А.Н. Радищеву, А.С. Пушкину, А.И. Шёгрену.

Важнейшим событием для всего научного сообщества страны стало присуждение в 2000 г. Нобелевской премии по физике председателю Президиума СПбНЦ РАН академику Ж.И. Алфёрову, который выступил с речью на совместном заседании Президиума СПбНЦ РАН и Учёных советов отделений ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН. В заседании участвовали представители многих научных институтов и вузов города, члены Правительства Санкт-Петербурга.

16–21 июня 2003 г. состоялась первая Петербургская встреча лауреатов Нобелевской премии «Наука и прогресс человечества», организаторами которой выступили СПбНЦ РАН, Фонд поддержки образования и науки (Алфёровский фонд) и некоммерческий фонд «Глобальная энергия». Выступления Нобелевских лауреатов прошли в здании Санкт-Петербургского научного центра. Вторую часть научной программы составили круглые столы: «Проблемы энергетики», «Методы физической интроскопии в медицине», «Регулирующие системы организма», «Экономика качества жизни», «Наноструктуры в химии и физике», «Проблемы космологии», «Белковая наследственность. Новая парадигма в биологии?». Они проходили в Академическом университете. Круглые столы стали представительными форумами, обсуждавшими актуальные научные проблемы. В завершение чтений прошло «Алфёровское чаепитие», участниками которого были нобелевские лауреаты, сотрудники иностранных консульств в Санкт-Петербурге, члены Президиума СПбНЦ, журналисты. Дискуссия была посвящена проблеме социальной ответственности науки. Петербургская встреча лауреатов Нобелевской премии стала украшением юбилейных торжеств в честь 300-летия Санкт-Петербурга, внесла существенный вклад в повышение престижа отечественной науки в России и за рубежом.

В 2005–2013 гг. и в два последующих пореформенных года (до 2015 г.) прошли ещё восемь Петербургских встреч лауреатов Нобелевской премии. Каждая имела свою специфику. Обсуждались «Экономика и социология в XXI»; «Физиология и медицина XXI века»; «Энергетика будущего»; «Новые материалы и технологии»; «Астрофизика»; «Информационные технологии»; «Медико-биологические технологии»; «Генная инженерия и биотехнология»; «Новые материалы» и многие другие темы. Санкт-Петербургский научный форум «Наука и общество. Наноструктуры: физика и технологии» – девятая встреча лауреатов Нобелевской премии – проходил с 22 по 26 июня 2015 г. Главные темы Форума: «Технология наноструктур: рост, самоорганизация и нанопаттеринг», «Атомно-размерная характеристика наноструктур», «Электрические, магнитные и оптические свойства наноструктур», «Приложения наноструктурных устройств в электронике, спинтронике и компьютерных науках», «Нанопотоника, микропустоты и фотонные кристаллы: свойства, характеристика и приложения», «Новые материалы для наноструктур», «Наноструктуры и науки о жизни», «Метаматериалы». С пленарными

докладами на Форуме выступило семь нобелевских лауреатов. Эти встречи оставили незабываемое впечатление у всех участников. Особенное впечатление оказали они на студенческую и научную молодежь.

Важная составляющая работы СПбНЦ РАН – это научно-исследовательские программы. В течение 1990 и 1991 г. были сформированы и начали реализовываться первые научные программы ЛНЦ АН СССР. Две первые – «Невская губа» и «Экология Петербурга» – были экологическими. Третья программа «Возрождение Санкт-Петербурга» была направлена на развитие гуманитарных исследований. Она разрабатывалась на 1992 г. и включала 13 научных направлений. При их отборе учитывались две задачи: поддержание традиционных для Петербурга гуманитарных исследований и развитие новых направлений на уровне современных междисциплинарных подходов и методов гуманитарной науки. Кроме исследований полученные по программе средства использовались на оплату редактирования, типографских работ, перепечатывания текстов. Это была существенная помощь, так как из-за гиперинфляции скачкообразно росли цены на издательские услуги, и многие издания, уже находившиеся на разных стадиях издательского процесса, оказались «подвешенными». Всего по результатам исследований издано 10 книг, подготовлены к печати 11 монографий и сборников научных статей. В 1993 г. большинство входивших в программу проектов получило гранты только что созданного Российского фонда фундаментальных исследований.

Разработка региональной программы «Научно-технический потенциал Санкт-Петербурга» была инициирована Ленинградским союзом учёных и поддержана Министерством науки и технологий. Однако Союз учёных не обладал инфраструктурой для экспертизы и управления региональной программой и вынужден был обратиться к СПбНЦ РАН и входящим в его состав объединённым научным советам. Дополненная новыми проектами и прошедшая экспертную оценку советов программа получила финансирование от Министерства науки РФ на 1993–1995 гг. Затем были подготовлены новые варианты программы: на 1996–1998 гг., на 1999–2001 гг. и на 2002–2004 гг. Её полное название «Федеральная программа “Научно-технический потенциал Санкт-Петербурга”». В программу входили следующие разделы: экологическое прогнозирование и мониторинг; малоотходные технологии и процессы защиты окружающей среды; энергетика; вычислительная техника, информатика, связь; конверсия судостроения и машиностроения; материалы и технологии; решение социально-экономических проблем; междисциплинарная гуманитарная программа; биология и медицина. Финансировал программу Отдел региональных программ Министерства науки и технологий. В первые годы объёмы финансирования практически соответствовали объёму средств, необходимых для выполнения отобранных проектов. В 1999–2001 гг. выделяемого министерством финансирования хватало лишь на 1–2 проекта по каждому разделу программы. Город

выделял деньги на эту программу ещё менее регулярно. В полном объёме они были выделены лишь в 1993 и 2000 гг.

В 1995 г. по заказу Департамента науки и высшей школы была подготовлена «Стратегия развития науки, высшего и среднего специального образования в Санкт-Петербурге». Руководил работой главный учёный секретарь СПбНЦ РАН, д.ф.-м.н., проф. Эдуард Абрамович Тропп. Подготовленный документ состоял из пяти разделов, объединённых в две части:

I. Анализ состояния научно-образовательного комплекса Санкт-Петербурга. Муниципальная политика в области науки и образования в условиях продолжающегося социально-экономического кризиса (разделы 1, 2).

II. Стратегические цели и приоритеты. Направления деятельности мэрии по достижению стратегических целей (разделы 3–5).

В документе отмечено, что, благодаря усилиям учёных, значительную часть научного потенциала города – петербургские институты РАН – удалось сохранить. За счёт активного использования разных источников финансирования (грантов российских и зарубежных фондов, участия в новых государственных программах, договоров с научными организациями других стран) по многим направлениям фундаментальных исследований удалось сохранить и уровень проводимых исследований. Это проявилось в росте публикаций в ведущих научных журналах мира, в расширении международных связей, в вовлечении в новую систему научных коммуникаций – Интернет.

Во второй части «Стратегии...» выделены базовые принципы, из которых следует исходить, определяя перспективные цели развития науки и образования в Петербурге. На этой основе сформулированы 11 целевых установок, на которые должно быть направлено развитие науки и образования в первой четверти XXI века. Предложены и общие подходы к реализации этих целей, и конкретные предложения, ориентированные на структуру органов исполнительной власти в городе. С сожалением следует отметить, что из многочисленных предложений выполнено лишь одно – утверждены и с 2000 г. присуждаются именные премии Правительства города и СПбНЦ РАН выдающимся петербургским учёным.

Расширению связей академических институтов и вузов содействовало формирование Федеральной целевой программы «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 1997–2000 гг.», пролонгированной на 2001 г., и ФЦП «Интеграция науки и высшего образования России на 2002–2006 годы», утверждённой Постановлением Правительства РФ, сокращённо называемыми программа «Интеграция». Совместные проекты 20 институтов СПбНЦ РАН с петербургскими вузами прошли конкурс и финансировались из этой программы. Головная организация – СПбНЦ РАН – объединила в проекте 9 институтов СПбНЦ РАН, 12 вузов города и 1 отраслевой

институт. Проект носил комплексный характер, в него были включены несколько перспективных направлений исследований. Результаты исследований по проектам могли быть использованы для решения экономических и социальных проблем города и Северо-Западного региона. В рамках этого проекта был проведён целый ряд совместных конференций, школ, экспедиций, написаны и опубликованы монографии и сборники статей, разработаны и введены в учебный процесс новые методики и установки.

В 1997 г., а затем в 2001–2013 гг. по ежегодно возобновляемой инициативе Президиума СПбНЦ РАН формировалась Научная программа СПбНЦ РАН, которая финансировалась РАН. Как правило, в начале февраля по всем петербургским академическим институтам рассылалось информационное письмо с просьбой подавать заявки на участие в Программе. Структура программы в 2000–2013 гг. оставалась неизменной и включала следующие подпрограммы: комплексные междисциплинарные проекты; инициативные проекты; подпрограммы информационной, издательской, экспозиционной и международной деятельности; экспедиции; подпрограмма поддержки научного творчества молодёжи; пополнение и поддержание коллекционных фондов и реставрация уникальных рукописей и музейных экспонатов; подпрограмма по сохранению материальной базы учреждений СПбНЦ РАН. Механизм формирования и выполнения программы в основных чертах был организован по примеру функционирования РФФИ, исполнителям предлагалось брать за образец основные формы РФФИ для подачи заявок и оформления отчётов. Экспертные функции выполняли привлекаемые объединёнными научными советами эксперты, сами советы и Дирекция программы, включавшая Председателя Президиума СПбНЦ РАН, его заместителей, Главного учёного секретаря и председателей объединённых советов.

Каждый год в рамках Научной программы СПбНЦ РАН финансировались от 11 до 57 комплексных научно-исследовательских проектов и от 25 до 166 инициативных (с 2009 г. финансирование этих проектов было прекращено), от 6 до 47 издательских проектов, от 6 до 18 экспедиций, от 6 до 35 конференций. В целом, учитывая все разделы программы, до 10 % научных сотрудников академических институтов Петербурга получали финансовую поддержку своих исследований. Общее финансирование Научной программы СПбНЦ РАН за 2000–2013 гг. превысило 248 млн. руб. Из этих средств на поддержку комплексных междисциплинарных проектов выделено 62,8 млн. руб.

За счёт финансирования из Научной программы СПбНЦ РАН в 2000–2013 гг. были подготовлены и изданы более 300 монографий, сборников научных статей, справочников. Оказывалась финансовая поддержка научным журналам и иным периодическим изданиям. Всего за эти годы на издательскую деятельность было направлено 27 млн. руб. На средства, выделенные на подготовку и организацию

международных и региональных конференций, за 2000–2013 гг. проведено 270 научных мероприятий. По разделу «Информационная деятельность» были поддержаны работы по созданию центров данных, электронных справочников и библиотек, WEV-серверов, баз данных, электронных версий периодических изданий и электронных монографий во многих институтах. Ежегодно оказывалась поддержка в развитии сети РОКСОН и подключении академических организаций к сети Интернет. За эти годы из Научной программы СПбНЦ РАН было профинансировано свыше 100 экспедиций и полевых исследований петербургских академических институтов на сумму около 5 млн. руб.

В среднем около 3% средств Научной программы ежегодно направлялось на поддержку научного творчества молодёжи. В первые годы существования Программы за счёт этого финансирования проводились конкурсы и выплачивались стипендии молодым аспирантам и соискателям, устанавливались персональные гранты молодым учёным институтов СПбНЦ РАН, в дальнейшем – осуществлялось проведение молодёжных конференций, семинаров и школ.

По разделу «Пополнение и поддержание коллекционных фондов, реставрация уникальных рукописей и музейных экспонатов» петербургским академическим институтам было выделено свыше 8 млн. руб. Ежегодно от 10 до 30% средств из Научной программы направлялось на сохранение материальной базы учреждений СПбНЦ РАН, в том числе на модернизацию и приобретение лабораторного оборудования, оснащение объектов средствами охраны и пожарной безопасности, проектные работы тепло- и водоснабжения, установку мемориальных памятных досок видным учёным, ежегодно оказывалась поддержка в развитии сети РОКСОН. Всего за 2000–2013 гг. на эти цели было израсходовано около 50 млн. руб.

В этот период в СПбНЦ РАН продолжилось развитие сотрудничества с Администрацией Санкт-Петербурга по направлению работ Объединённого научного совета «Экология и природные ресурсы», когда, в частности, при выполнении серии государственных контрактов в 2004–2008 г. была создана, а в 2012 г. апробирована система мониторинга чужеродных видов в бассейне Финского залива. Параллельно налаживалось и разворачивалось взаимодействие с программой приграничного международного сотрудничества (ENPI CBC) в рамках проекта ТОПКОНС (Трансграничные инструменты морского пространственного планирования и сохранения Финского залива. Проект № 2011-022-SE511 программы соседства юго-восточной Финляндии и России) – победителя конкурса программы 2007–2013 гг. Данный проект объединил шесть финских учреждений науки и природоохранных агентств и три санкт-петербургских учреждения, из них два учреждения науки (СПбНЦ РАН, Всероссийский геологический институт (ВСЕГЕИ) им. А.П. Карпинского) и одно – высшего образования (Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ)). По окончании проекта (в 2014 году)

его участники были удостоены диплома Комитета по внешним связям Санкт-Петербурга за участие и результаты проекта, опубликованные впоследствии в нескольких специальных выпусках журнала «Региональная экология»<sup>9</sup>.

## **Пореформенный этап постсоветского периода и современный СПбНЦ РАН**

Современный десятилетний этап постсоветского периода истории Центра, длящийся с сентября 2013 г. по настоящее время, можно определить как пореформенный и трансформационный.

На заседании Правительства Российской Федерации 27 июня 2013 г. рассматривался законопроект о реорганизации государственных академий, на следующий день законопроект «О Российской академии наук, реорганизации российских академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» внесен Правительством на рассмотрение в Государственную Думу. С просьбой не допустить принятия законопроекта выступили все петербургские учреждения РАН. Однако, уже в сентябре 2013 г. этот закон был принят в третьем чтении. Во исполнение закона в декабре того же года все институты РАН были переданы из ведения Академии в Федеральное агентство научных организаций (ФАНО), в том числе и Санкт-Петербургский научный центр РАН. Центр получил государственное задание, и его деятельность стала оцениваться по результатам публикационной активности, будучи уравниваемой с деятельностью учреждений науки, объединявшихся Центром, но перешедших с 2013 г. под ведомство ФАНО. Из всех подразделений в Центре остались научно-исследовательский отдел, отдел международного сотрудничества, отдел телекоммуникаций, финансово-экономический отдел и бухгалтерия. Сохранились и подразделения по управлению имуществом. Поскольку институты из-под управления и научно-методического руководства Центра были выведены, прекратили свое развитие и региональные научные программы раннего постсоветского этапа.

В качестве государственного задания, полученного от ФАНО, Санкт-Петербургскому научному центру РАН было поручено определить перспективные направления фундаментальных исследований в Петербурге. К работе были привлечены объединённые научные советы, которые за год провели анализ состояния исследований за рубежом, сопоставили его с потенциалом петербургских организаций и выделили те направления, которые целесообразно развивать в нашем городе. Итогом стало создание книги «Перспективные направления науки в

---

<sup>9</sup> Региональная экология – 2014, т. 35, №1-2;  
Региональная экология – 2015, т. 38, №3;  
Региональная экология – 2015, т. 39, №4.

Петербурге»<sup>10</sup>, которая вышла в свет в 2015 г. В коллективной монографии перечислены фундаментальные проблемы, над которыми работают учёные Санкт-Петербурга. При этом учитывались не только те из них, которые исследуются в академических институтах. Безусловно, этими направлениями не исчерпывается потенциал петербургских организаций. Особенно это касается биологии и медицины, информатики, гуманитарных исследований. К сожалению, в дальнейшем эти направления научных исследований не получили финансовой поддержки в виде специальных программ.

Упомянувшаяся выше телекоммуникационная оптоволоконная Региональная объединённая компьютерная сеть образования и науки (РОКСОН), входившая в состав СПбНЦ РАН до 2022 г. и бывшая из всех научно-образовательных сетей Санкт-Петербурга наиболее разветвлённой, тоже перестала быть частью Центра. «Являясь сетью СПбНЦ РАН, она, тем не менее, доступна широкому кругу государственных организаций. Её услугами пользуются организации систем высшего и среднего образования, здравоохранения, культуры, государственной власти и местного самоуправления»<sup>11</sup>. С 1 января 2022 г. в Санкт-Петербурге технические средства связи РОКСОН переданы в Национальную исследовательскую компьютерную сеть (НИКС) и тем самым объединены в единую сетевую структуру, которая более отделом телекоммуникаций СПбНЦ РАН не управляется.

В 2018 году Федеральное агентство научных организаций (ФАНО) было упразднено и частично вошло в Министерство науки и высшего образования РФ, все академические организации, включая и Санкт-Петербургский научный центр РАН, были переведены в его ведение. Уставом 2018 г., действующим и поныне, за Центром закреплён статус учреждения науки (ФГБУН), однако номинально декларируется и дореформенное предназначение Центра как организации, наделённой координирующими функциями, о чём свидетельствует статья 20, которая определяет цель деятельности Центра, и статья 21, раскрывающая предмет деятельности<sup>12</sup>.

Обе статьи включают в себя, кроме основного (реализуемого госзадачей и внебюджетной научно-исследовательской деятельностью) вида деятельности, ещё и дополнительные, «развитие научных исследований по междисциплинарным

---

<sup>10</sup> Перспективные направления развития науки в Петербурге / Отв. ред. Ж.И. Алфёров, О.В. Белый, Г.В. Двас, Е.А. Иванова. – СПб.: Изд-во ИП Пермяков С.А., 2015. – 543 с.

<sup>11</sup> Лосев Г.М., Пономарёв В.М., Рябов Ю.Ф., Юсупов Р.М. Академическая компьютерная сеть С.-Петербурга // Электросвязь, 2003, №5. – URL: <https://www.computer-museum.ru/connect/acadnet.html> (дата обращения: 10.04.2023).

<sup>12</sup> «Координация по поручению Министерства деятельности организаций, подведомственных Министерству», а в составе предмета деятельности – «координация сотрудничества организаций, подведомственных Министерству, с научными организациями и образовательными организациями Региона» (с. 7, ст.20, Устав ФГБУН СПбНЦ РАН, утверждён приказом Минобрнауки №260 от 06.07.2018).

программам», а также «организационно-методическое обеспечение деятельности организаций, подведомственных Министерству; координацию сотрудничества организаций, подведомственных Министерству, с научными организациями и образовательными организациями высшего образования Региона», что следует рассматривать как заложенный потенциал преемственности по отношению к дореформенному ЛНЦ АН СССР – СПбНЦ РАН. Эти составляющие предмета деятельности в настоящее время учредителем не востребованы.

Преимущественно в инициативном порядке, эти статьи реализуются через научно-организационную деятельность СПбНЦ РАН, осуществляемую совместно с другими учреждениями науки (академическими и отраслевыми), образовательными организациями, административными структурами, организациями различных министерств и ведомств. Так, только в 2022 году Центр организовал и провёл самостоятельно и совместно с учреждениями науки РАН и другими организациями Петербурга и Ленинградской области на своей площадке 49 научных мероприятий, в т.ч. конференции, форумы, семинары, заседания и т.д. Кроме того, Центр продолжил работу лектория, экскурсионную работу с различными категориями населения; приступил к разработке и апробации маршрутов в рамках инициативы «Научно-популярный туризм». Создаётся и медийный продукт с использованием подводных и VR-технологий съёмки в полевых условиях (восточная часть Финского залива<sup>13</sup>), ориентированный на различные целевые группы. Примеры отдельных направлений научно-организационной деятельности представлены Разделом 3 данного выпуска Альманаха. Также, учитывая геополитическую ситуацию, в 2021 г. при Центре организован «Координационный межведомственный совет по решению проблем транспортной инфраструктуры» (см. Подраздел 2.2 данного издания).

Отдельные результаты приоритетной для современного Центра разнонаправленной научно-исследовательской деятельности, осуществляемой как в рамках госзадания, так и в рамках внебюджетной тематики, включающей в себя в том числе и международные проекты приграничного сотрудничества<sup>14</sup>, представлены

---

<sup>13</sup> В 2019 г. и по 24 февраля 2023 г. в СПбНЦ РАН велись научные исследования по проектам программы приграничного сотрудничества Республики Эстония и Российской Федерации (ER 55 и ER 80), в одностороннем порядке Европейской стороной сотрудничество было приостановлено.

<sup>14</sup> Проблемы создания защитных покрытий нового поколения от коррозии, биообрастания и обледенения для морских, береговых и сухопутных объектов: монография. – Под ред. М.И. Орловой, В.А. Родионова. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2021. – 132 с.;

Серая книга Российского сектора Балтийского моря в 5 томах. Том 1. Восточная часть Финского залива. Водные беспозвоночные: Hydrozoa, Mollusca, Polychaeta, Crustacea (Cirripedia), Bryozoa : монография / М.И. Орлова. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2022. – 261 с.;

Пименова Т.Ф. Развитие научно-образовательного потенциала Петербурга в ракурсе программы мегагрантов: материаловедческий аспект: монография / Т.Ф. Пименова. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2022. – 98 с.;

Разделом 2 данного издания, серией коллективных монографий и сборников, подготовленных как в рамках научно-исследовательских работ, так и по результатам научных и научно-практических мероприятий.

В общей сложности действующий Устав предполагает 26 основных видов деятельности, из которых магистральным в 2019–2022 гг. стало проведение фундаментальных, поисковых и прикладных исследований.

СПбНЦ РАН, помимо работы по основным научным направлениям, исследует и популяризирует академическое наследие<sup>15</sup>; помогает деятельности Российской академии наук на территории Санкт-Петербурга, в том числе при подготовке к празднованию 300-летия РАН. Оказывал содействие работе Координационного комитета РАН в Санкт-Петербурге (интернет-портал СПбНЦ РАН: <https://spbrc.ru/>). Центр способствует распространению результатов научных работ и повышению авторитета науки в гражданском обществе. Через информационно-издательскую деятельность и проведение межведомственных научных мероприятий он привлекает к своей работе различные целевые группы, сотрудников учреждений секторов реальной экономики, оборонного сектора и других отраслей народного хозяйства. На международном уровне СПбНЦ РАН продолжает развивать региональное приграничное научное сотрудничество в области научной и информационной поддержки природопользования.

В 2022 году в развитии СПбНЦ РАН завершена фактическая трансформация из академического административно-хозяйственного управления в междисциплинарный научный центр и интеграция в новом качестве в научное сообщество региона. Центр принял на себя миссию: «Способствовать объединению и развитию научного потенциала Санкт-Петербурга и Ленинградской области на основе научного наследия, преемственности традиций, междисциплинарного подхода к выполнению

---

*Иванова Е.А. и др.* Публикационная активность российских исследователей по гуманитарным и общественным наукам. Scopus 1996-2020. К 300-летию Российской академии наук / Е.А. Иванова, Л.Г. Николаева. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2022. – 135 с.;

Фундаментальная наука – Военно-Морскому Флоту: монография в двух томах / под ред. к.т.н. В.П. Говорухина, д.т.н. М.И. Калинова, д.т.н. В.А. Родионова. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2021., ISBN 978-5-7310-5559-8 (том 1), ISBN 978-5-7310-5560-4 (том 2);

*Джапаридзе Л.А.* COVID-19: этиология, диагностика, лечение, профилактика / Л.А. Джапаридзе. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2021. – 121 с.;

Северо-Запад: Этноконфессиональная история и историко-культурный ландшафт-3. Девятые Шёгреновские чтения с международным участием. К 75-летию Ольги Михайловны Фишман: сборник статей / Науч. ред. докт. ист. наук О.М. Фишман. – СПб.: Изд-во ООО «Своё Издательство», 2022. – 492 с.;

Будущее науки в Санкт-Петербурге: сборник трудов Региональной молодёжной научной конференции. Санкт-Петербург, 22 ноября 2021 года / под общей ред. акад. В.А. Румянцева и д.б.н. М.И. Орловой. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2021. – 205 с.

<sup>15</sup> *Аркадий Соснов* Сквозь траву забвения // Поиск, № 38, 17 сентября 2021 г.; *Елена Иванова* Екатерина, и тоже великая. Неутомимая княгиня жила на две академии // Поиск, № 13, 31 марта 2023 г. С. 6-7.

фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований для технологического, экономического, социального и духовного развития региона». Миссия соответствует цели, предмету и видам деятельности, закреплённым в Уставе учреждения. Трансформация и интеграция потребовали в 2020–2022 гг. оптимизации структуры и усиления научного кадрового состава. Сегодня в новых организационно-экономических условиях восстанавливается и налаживается взаимодействие Центра с оборонным сектором, секторами реальной экономики, учреждениями науки, как в процессе выполнения конкретных проектов, так и в рамках консорциумов и соглашений о научном сотрудничестве.

Финансирование работы осуществляется в рамках Государственного задания №075-01351-23ПР на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов от 27 декабря 2022 года Санкт-Петербургскому научному центру РАН, тема FWGF-2019-0001.

**Игорь Алексеевич Глебов и Жорес Иванович Алфёров.****Жизнь, отданная науке*****Е.А. Иванова***

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5

Создателям Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук академикам РАН Игорю Алексеевичу Глебову и Жоресу Ивановичу Алфёрову, чьи научные судьбы были тесно связаны с академической наукой нашего города, редакционная коллегия посвящает два небольших биографических очерка.

**Игорь Алексеевич Глебов (21.01.1914 – 11.01.2002)**

Игорь Алексеевич Глебов  
(Портрет работы  
Н.В. Румянцевой.  
2022, холст, масло, 50×76.  
Печатается с разрешения  
автора. Экспонируется в  
кабинете Президента  
Академии пом. № 113 по  
адресу: Санкт-Петербург,  
Университетская наб., дом 5)

Советский, российский электрофизик, энергомашиностроитель, общественный деятель родился 21 января 1914 года в Петербурге. Родители – выходцы из крестьян,

отец из деревни Сельцо Большое Вологодской области, мать из деревни Перейма Архангельской губернии.

В 1938 году окончил Ленинградский индустриальный институт. После окончания работал в Мурманской области на Туломской гидроэлектростанции инженером по автоматизации. В 1939-1941 годах успешно завершил учебный план в аспирантуре и закончил работу над кандидатской диссертацией, которую должен был защитить в сентябре. Рукопись диссертации сгорела во время блокады Ленинграда. В период Великой Отечественной войны с 1941 по 1946 год прошел путь от командира артиллерийской батареи до начальника артиллерийской разведки 1-ой гвардейской армии, от лейтенанта до майора. Во время войны награжден орденом Александра Невского, двумя орденами Отечественной войны 1-ой степени, другими военными орденами и медалями.

С сентября 1946 года Игорь Алексеевич работал ассистентом на кафедре электрических машин Ленинградского института авиационного приборостроения. В 1951 году он перешел в Ленинградский технологический институт пищевой промышленности, где был доцентом, а затем заведующим кафедрой энергетики.

И.А. Глебов трудился по совместительству в 1953-1961 годах в Ленинградском отделении института автоматики и телемеханики АН СССР, в 1956 году на его базе был организован Институт электромеханики (ИЭМ) АН СССР. В 1963 году институт был переведен из АН СССР в Министерство электротехнической промышленности, в 1969 году ИЭМ был переименован во Всесоюзный научно-исследовательский институт электромашиностроения (ВНИИЭлектромаш). С 1961 по 2000 год он прошел путь от старшего научного сотрудника до директора (1973-2000).

В 1949 году защитил кандидатскую диссертацию, в 1964 году – докторскую, в 1966 году стал профессором. В 1974 году И.А. Глебов выбран членом-корреспондентом по Отделению физико-технических проблем энергетики по специальности «Электромашиностроение», а в 1976 году – действительным членом АН СССР по тому же отделению по специальности «Энергетика».

И.А. Глебов был крупнейшим специалистом в области электромашиностроения, генеральным конструктором крупных турбо- и гидрогенераторов. Под его руководством разработаны новые системы возбуждения с полупроводниковыми преобразователями для турбо- и гидрогенераторов, создан сверхпроводниковый турбогенератор мощностью 20 тысяч кВт и мощные инерционные накопители энергии для установок термоядерного синтеза на базе турбогенераторов кратковременного действия мощностью 200 миллионов кВт, разработаны серии турбогенераторов, двигателей постоянного тока и вентильных двигателей переменного тока. Всего И.А. Глебовым опубликовано 736 работ и получено 45 авторских свидетельств на изобретения.

В 1978-1982 годах И.А. Глебов – уполномоченный Президиума АН СССР по Ленинграду.

В 1979 году И.А. Глебов стал председателем основанного им Межведомственного координационного совета АН СССР в Ленинграде, одновременно был председателем одного из 14 советов МКС – Научного совета по инженерным проблемам термоядерного синтеза и физике плазмы.

В 1983 году был создан Ленинградский научный центр АН СССР, и И.А. Глебов стал председателем Президиума ЛНЦ АН СССР. Он возглавлял Центр до 1989 года, когда его сменил академик Ж.И. Алферов.

И.А. Глебов активно работал в международных организациях, объединяющих энергетиков, в Международной электротехнической комиссии (МЭК) и Международной конференции по крупным электрическим системам высокого напряжения (СИГРЭ). Он начал свою деятельность в СИГРЭ в 1965 году в качестве эксперта, дважды был председателем исследовательских комитетов, входил в Технический комитет, координирующий деятельность всех комитетов. В 1998 году за большой вклад в деятельность СИГРЭ И.А. Глебову было присвоено звание выдающегося члена этой организации. Активно участвовал И.А. Глебов в деятельности МЭК, в выработке мировых стандартов электротехнического оборудования, в подготовке к Всемирному электротехническому конгрессу в Москве в 1977 году. И.А. Глебов был председателем программной комиссии этого конгресса. Он владел тремя иностранными языками, английским, немецким и французским.

И.А. Глебов избран Почётным академиком Белорусской академии наук, иностранным членом Инженерной академии Грузии, Почётным академиком Инженерной академии республики Казахстан и других академий и обществ.

В 1991 году избран Почётным президентом Санкт-Петербургской инженерной академии, присвоено звание «Почётный инженер Санкт-Петербурга» и «Заслуженный инженер Санкт-Петербурга» (2001).

И.А. Глебов был лауреатом Государственной премии СССР (1968), Государственной премии правительства Российской Федерации (2001), Государственной премии Украинской ССР (1988), премии имени А.П. Карпинского Международного фонда А. Топфера (ФРГ, 1987), премии имени П.Н. Яблочкова АН СССР (1976), Государственной премии Президента РФ.

И.А. Глебов – Герой Социалистического труда (1981), заслуженный деятель науки и техники России (1994). Он был депутатом Верховного Совета СССР от Ленинграда двух созывов 1979 и 1984 годов, председателем Комиссии по науке и технике Совета Союза Верховного Совета СССР.

В 1999 году малой планете 6108 присвоено имя «Глебов».

11 января 2002 года академик И.А. Глебов трагически погиб, похоронен на Никольском кладбище Александро-Невской лавры.

## Жорес Иванович Алфёров (15.03.1930 – 01.03.2019)



Жорес Иванович Алфёров  
(Фото из архива семьи  
Алфёровых. Печатается с  
разрешения Т.Г. Алфёровой)

Советский и российский физик, общественный деятель Жорес Иванович Алфёров родился 15 марта 1930 года в Витебске, в Белоруссии. Отец – Иван Карпович Алфёров (1894-1982), мать – Анна Владимировна Розенблюм (1900-1982).

В 1952 году окончил факультет электронной техники Ленинградского электротехнического института им. В.И. Ульянова (Ленина) (ЛЭТИ). В 1953 году поступил в Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе АН СССР инженером. В институте Ж.И.Алфёров прошел путь от младшего научного сотрудника до директора (1987-2003). С 2003 по 2006 год был научным руководителем института.

В 1961 году Ж.И. Алфёров стал кандидатом технических наук, в 1970 – доктором физико-математических наук. В 1972 году он был избран членом-корреспондентом АН СССР по Отделению общей физики и астрономии (физика), в 1979 – академиком АН СССР по тому же отделению (физика, астрономия).

Основная деятельность Ж.И. Алфёрова связана с физикой полупроводников, полупроводниковой и квантовой электроникой, технической физикой. Он принимал участие в создании первых отечественных транзисторов, фотодиодов, мощных германиевых выпрямителей. Открыл явление сверхинжекции в гетероструктурах,

показал, что в полупроводниковых и гетероструктурах можно принципиально по-новому управлять электронными и световыми потоками, сделал «идеальные» полупроводниковые гетероструктуры. Работы Ж.И. Алфёрова создали новое направление – гетеропереходы в полупроводниках. Его исследования в области физики и техники полупроводников получили широкое распространение и мировое признание, вошли в учебники. Ж.И. Алфёров – автор более 500 научных работ, в том числе четыре монографии, свыше 50 изобретений. Научная школа Ж.И. Алфёрова насчитывает более сорока кандидатов, десять докторов наук и двух членов-корреспондентов РАН.

23 февраля и 23 июня 1989 года состоялись Общие собрания членов Академии наук Ленинградского научного центра (ЛНЦ) АН СССР, на которых были переизбраны члены Президиума ЛНЦ, председателем которого, стал Ж.И. Алфёров. Позднее, 10 октября 1989 года, было утверждено новое Положение о Ленинградском научном центре Академии наук СССР. С 1990 по 1991 год Ж.И. Алфёров был вице-президентом АН СССР, а с 1991 по 2017 год – вице-президентом РАН и председателем Президиума Санкт-Петербургского научного центра РАН, с 2018 – Президентом Центра.

С 1972 года работал профессором Ленинградского электротехнического института имени В.И. Ленина, с 1973 года – заведующим базовой кафедрой оптоэлектроники.

В 1988 году избран деканом физико-технического факультета Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

В 2009 году возглавляемый им с 2002 года Санкт-Петербургский физико-технологический научно-образовательный центр РАН получил название «Санкт-Петербургский академический университет – научно-образовательным центр нанотехнологий РАН», Ж.И. Алфёров стал его ректором (с 2015 года – Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет РАН, с 2019 года – имени Ж.И. Алфёрова).

Ж.И. Алфёров был учредителем и Президентом Фонда поддержки образования и науки (Алфёровского фонда) (2001). Фонд создан с целью объединения интеллектуальных, финансовых и организационных усилий российских и зарубежных физических и юридических лиц для содействия развитию российской науки и образования. Фонд выплачивает гранты и стипендии талантливой учащейся молодежи, содействуя её профессиональному росту и творческой активности в проведении научных исследований в приоритетных областях науки.

Народный депутат СССР (1989–1992), с 1995 года избирается депутатом Государственной Думы РФ. Член Комитета Государственной Думы по науке и наукоёмким технологиям (2012–2016), с 2016 года являлся членом Комитета по делам СНГ, евразийской интеграции и связям с соотечественниками.

Сопредседатель Консультативного научного совета фонда «Сколково» (с 2010).

Главный редактор журнала «Письма в Журнал технической физики». Кроме того, Ж.И. Алфёров являлся главным редактором журнала «Физика и техника полупроводников», членом редакционной коллегии журнала «Поверхность: Физика, химия, механика», членом редакционной коллегии журнала «Наука и жизнь».

Лауреат Ленинской премии (1972), Государственной премии СССР (1984), Государственной премии РФ (2001), награждён Международной энергетической премией «Глобальная энергия» (2005).

Лауреат Нобелевской премии по физике совместно с Гербертом Кремером и Джеком Килби (2000) за фундаментальные работы, заложившие основы современных информационных технологий посредством создания полупроводниковых гетероструктур, используемых в сверхвысокочастотной и оптической электронике.

Награждён орденами: «Знак Почета» (1959), Трудового Красного Знамени (1975), Октябрьской Революции (1980), Ленина (1986), российскими орденами «За заслуги перед Отечеством» I (2005), II (2000), III (1999), IV (2020) степеней и Александра Невского (2015), а также орденами и медалями других государств.

Ж.И. Алфёров был членом многих иностранных академий, в том числе Белорусской академии наук, Украинской академии наук, Франклиновского института и Оптического общества (США), Академии наук США, Национальной инженерной академии (США), Академии наук и технологий Кореи, Испанской инженерной академии, Национальной Академии наук Азербайджана, Казахстана, Литвы, Молдовы, Польской и Болгарской Академии наук, Академии наук «Forty» (Италия), Академии наук Китая. Он был почётным доктором более 60 университетов мира, почётным профессором 13 университетов России и мира.

Заслуженный энергетик РФ (1996).

Почётный гражданин городов Санкт-Петербург (2001), Минск, Сан-Кристоваль (Венесуэла), сёл Хильки и Комаривка (Корсунь-Шевченковский район, Украина, 2001).

Именем Алфёрова названа малая планета Солнечной системы № 3884 (2001).

Ж.И. Алфёров скончался 1 марта 2019 года, похоронен на кладбище в посёлке Комарово Ленинградской области.

Финансирование работы осуществляется в рамках Государственного задания №075-01351-23ПР на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов от 27 декабря 2022 года Санкт-Петербургскому научному центру РАН, тема FWGF-2019-0001.



**2. ДОСТИЖЕНИЯ УЧРЕЖДЕНИЙ  
НАУКИ РАН  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА  
В ПЕРИОД 2021-2022 ГОДОВ**



## 2.1. ОТДЕЛЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 543.07; 543.08; 543.51; 621.384.8

DOI/10.48612/spbrc/1fvz-e8f1-a125

### **Институт аналитического приборостроения Российской академии наук: основные достижения в 2021-2022 годах**

*А.А. Евстапов, А.П. Щербаков*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт аналитического приборостроения Российской академии наук (ИАП РАН) 198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, дом 31-33, литера А

В середине прошлого века, на волне бурного развития отечественной науки, было основано СКБ аналитического приборостроения Академии наук СССР. Широкий спектр задач научного и производственного характера, которые требовали оснащения современным оборудованием, предопределил то, что аналитическое приборостроение тех лет по разнообразию аппаратуры превосходило любую другую область приборостроения. Поэтому, будучи преемником СКБ АП, с момента своего образования в 1977 году, Институт аналитического приборостроения РАН формировался как исследовательский центр, ориентированный на разработку новых методов и средств анализа структуры и свойств вещества и создание уникальной аппаратуры для научных исследований. На сегодняшний день ИАП РАН является одной из ведущих научно-исследовательских организаций в области научного приборостроения. Институт обладает уникальным опытом разработки методов и приборов по следующим направлениям:

- разработка макетов и опытных образцов масс-спектрометров; исследования ионно-оптических свойств масс-анализаторов, транспортирующих систем, источников ионов;
- разработка хемосенсорных микро- и наночиповых аналитических систем и создание на их основе аналитических приборов («лаборатория на чипе») для исследований биологических проб;
- экспериментальные и теоретические исследования физических явлений и процессов, происходящих при молекулярно-пучковой эпитаксии напряженных гетероструктур;
- научные исследования и опытные разработки в области сканирующей зондовой микроскопии, спектроскопии и нанолитографии;

- разработка и создание аналитических методов и приборов для медико-биологических и экологических исследований;
- теоретические и экспериментальные исследования методов обработки сигналов; компьютерное моделирование электронно- и ионно-оптических элементов и систем; создание программного обеспечения для приборов, разрабатываемых в Институте.

Масс-спектрометрическое направление в Институте в течение многих лет возглавляет доктор физико-математических наук профессор Галль Лидия Николаевна, удостоенная в 2022 г. престижной международной награды – золотой медали им. Дж.Дж. Томсона, высшей награды мирового масс-спектрометрического сообщества.

Одним из важнейших достижений Л.Н. Галль и возглавляемого ею коллектива исследователей явилось создание нового метода масс-спектрометрического анализа нелетучих органических, неорганических веществ и биополимеров – экстракция ионов из растворов при атмосферном давлении (ЭРИАД, в англоязычной литературе «Electrospray»). Метод нашел широкое применение и стал основой современной масс-спектрометрии для биологических и медицинских приложений.

В плане расширения области применения этого метода следует прежде всего отметить масс-спектрометрию ЭРИАД-И – принципиально новый метод изотопно-элементного анализа. Он основан на электрораспылении с атомизацией ионов в газодинамическом интерфейсе и пригоден для решения задач анализа элементного состава материалов на всех этапах технологического цикла: от исходного сырья до конечного продукта, и позволяет создавать приборы по всем основным параметрам, как аналитическим, так и экономическим, превышающие наиболее используемые в настоящее время в мире масс-спектрометры для элементного анализа с ионизацией в индуктивно-связанной плазме (ICP). Аналитические возможности метода ЭРИАД-И подтверждены на большом числе элементов, их соединений и смесей, включая элементы первой, второй и третьей групп, переходные металлы, редкие земли, уран и трансураны. Метод ЭРИАД-И позволяет решать задачи Росатома на ранее недоступном уровне чувствительности (проба на уровне 1-4 нг) и без контакта оператора с радиоактивными пробами, что особенно важно для выполняемой сейчас атомной отраслью программы «Прорыв». В рамках метода предложена группа инновационных технических решений, позволивших существенно увеличить точностные параметры анализов в большом диапазоне концентраций и при этом создавать линейку компактных специализированных масс-спектрометров, включающую в себя приборы для решения задач элементно-изотопного анализа от урана и трансуранов (лабораторный компактный прибор – рис. 1) до настольного прибора для анализа лития, бериллия, бора и других легких элементов (рис. 2) с

чувствительностью на уровне единиц ррб, что соответствует лучшим мировым достижениям.

Значимым достижением Института является создание уникального хромато-масс-спектрометрического комплекса, основанного на прорывном техническом решении, позволившем не только напрямую, без промежуточных устройств, связать жидкостной хроматограф и масс-спектрометр с электрораспылением, но и уникально расширить диапазон многокомпонентных растворов и элюэнтов анализируемых веществ: потоки от 5 мкл/мин до 1 мл/мин с предельной концентрацией веществ до 1М, концентрации кислоты 1-2 % и стабильным током распыления  $10^{-7}$ А. Это решение, реализованное в масс-спектрометре МХ5310 (рис. 3) с российским времяпролётным масс-анализатором, существенно превосходит мировые результаты в разработке масс-спектрометров для биохимии и биомедицины.

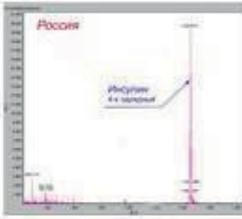


Рис. 1. Лабораторный прибор для анализа трансурановых элементов



Рис. 2. Настольный прибор для анализа лёгких элементов

**АНАЛИЗ РАСТВОРОВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ**

Анализ чистоты инсулина

**MX53-10** – источник ионов *электроспрей*  
**MX53-11** – источник ионов *наноэлектроспрей*

**Решаемые задачи**

- Диагностика заболеваний на ранней стадии
- Контроль производства и хранения лекарственных препаратов
- Разработка новых лекарств
- Контроль чистоты продуктов
- Криминалистика

**Параметры**  
Чувствительность —  $10^{-13}$  М  
Разрешающая способность на уровне 50% высоты пика — 7000

Отечественные аналоги отсутствуют  
Патент РФ № 2295797

Рис. 3. Настольный времяпролётный масс-спектрометр МХ-5310(11)



Квадрупольный масс-спектрометр MS7-100 предназначен для анализа состава газовых смесей, в том числе для определения концентраций компонентов выдыхаемого воздуха и их идентификации в процессе дыхательного цикла.

Решаемые задачи:

- исследование процессов дыхания человека, животных;
- оценка состояния окружающей среды;
- контроль газовыделения в технологических процессах на производстве.

Рис. 4. Малогабаритный квадрупольный масс-спектрометр для анализа газовых смесей MS7-100

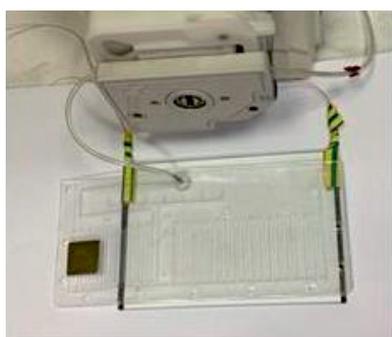
Малогабаритный квадрупольный масс-спектрометр MS7 (рис. 4) предназначен для анализа молекулярного состава газовых смесей при атмосферном давлении. Масс-спектрометр имеет прямой ввод пробы и позволяет: измерять концентрации компонентов дыхания человека и животных и производить их идентификацию в режиме реального времени (в процессе дыхательного цикла), оперативно оценивать экологическое состояние окружающей среды, осуществлять контроль газовыделения и динамики состава газов в технологических процессах на производстве. Конструктивное исполнение масс-спектрометра и его относительно малые габариты позволяют использовать прибор в передвижных контрольно-аналитических лабораториях.

Разработан, создан и экспериментально опробован многоотражающий времяпролётный масс-спектрометр нового поколения со сверхвысокой разрешающей способностью, превышающей 100 000, массовой точностью порядка  $10^{-6}$  и чувствительностью, в несколько раз превышающей чувствительность существующих времяпролётных приборов. Теоретической основой разработки является ионно-оптическая схема с многократным отражением ионов от бессеточных планарных ионных зеркал, позволяющая увеличить длину пролёта ионов до нескольких десятков метров. Указанные зеркала разработаны впервые и обладают уникальным качеством фокусировки ионов по времени пролёта и малыми искажениями формы временного импульса. Прибор работает в неограниченном диапазоне масс ионов, с непрерывными ионными источниками «ЭРИАД», источниками с электронным ударом, и другими. Для повышения чувствительности масс-спектрометра в нем использованы принципиально новые газонаполненные и вакуумные транспортирующие интерфейсы между ионным источником и масс-анализатором. Созданы варианты прибора с преобразователями непрерывного ионного пучка в

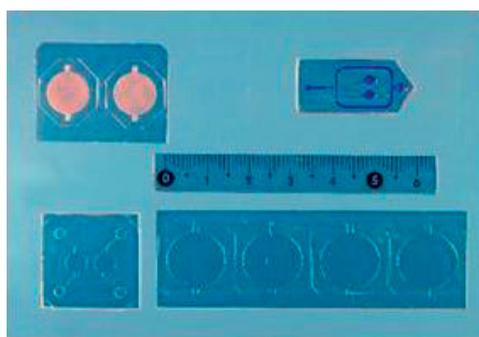
импульсный на основе линейной ионной ловушки и ортогонального ускорителя. Разработанный масс-спектрометр не имеет зарубежных и отечественных аналогов. Разработка открывает путь к созданию нового класса приборов для биомедицинских исследований, в том числе для решения задач метаболомики, метабономики и посттрансляционной модификации.

На основе технологий микросистемной техники и микроэлектроники разработаны и изготовлены экспериментальные образцы микрофлюидных чипов для метода молекулярных колоний, позволяющего обнаруживать одиночные молекулы целевых нуклеиновых кислот при избытке посторонних ДНК или РНК. Образцы микрочипов протестированы: а) при определении маркера острого миелоидного лейкоза мРНК AML1-ETO; б) при диагностике ДНК микобактерий туберкулёза. Разработанные устройства высокочувствительной молекулярной диагностики могут быть использованы как для биологических исследований, так и для медицинской диагностики.

С применением таких же технологий разработаны планарные микрофлюидные устройства, реализующие стадии подготовки биологической пробы и последующей амплификации для молекулярно-генетического анализа. В устройстве для пробоподготовки (рис. 5а) осуществляется химический лизис биологической пробы с выделением и концентрированием нуклеиновых кислот на магнитных частицах в автоматическом режиме. К этому устройству может присоединяться микрофлюидный чип для амплификации нуклеиновых кислот, который может быть создан в различном конструктивном исполнении (рис. 5б). На микрочипах продемонстрирована успешная постановка различных методов: хеликаза-зависимой амплификации, петлевой изотермической амплификации, амплификации с применением методов «цифровой» капельной микрофлюидики. Разработанные технологии позволяют создавать принципиально новые приборы с уникальными возможностями для биологических исследований и высокочувствительных методов медицинской диагностики, в том числе для экспресс-методов анализа в полевых условиях.



а)



б)

Рис. 5. Микрофлюидные устройства: а) для лизиса, выделения, очистки и концентрирования нуклеиновых кислот; б) для амплификации нуклеиновых кислот

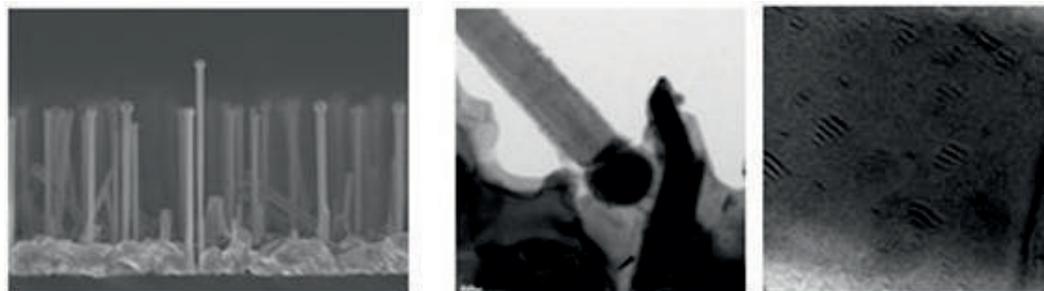
Начиная с 1994 г. В Институте проводился комплекс исследований, посвященных разработке методов создания нуль- и одномерных наноструктур (квантовые точки (КТ) и нитевидные нанокристаллы (ННК), соответственно) с помощью молекулярно-пучковой эпитаксии (МПЭ) на основе эффектов самоорганизации. В результате выполненных работ разработаны принципиально новые подходы к формированию подобных наноструктур. Были предложены и реализованы методы пространственного упорядочения КТ на вицинальных поверхностях и в многослойных структурах. Разработана модификация метода МПЭ – субмонослойная миграционно-стимулированная эпитаксия, позволяющая получить более высокую однородность по размерам КТ по сравнению с МПЭ и дано теоретическое объяснение наблюдаемого эффекта. Разработана технология получения докритических КТ, позволяющая контролируемо выращивать массивы КТ в широком диапазоне поверхностной плотности ( $10^6 - 10^{10}$ ) см<sup>-2</sup> и длины волны излучения (1,05 – 1,40) эВ. Определен основной механизм формирования ННК – диффузионно-контролируемый рост. С помощью комбинированного метода с использованием электронной литографии и МПЭ созданы регулярные массивы GaAs ННК. Получены гетероструктурные ННК, содержащие КТ в ННК для системы InP/InAsP/InP, обладающие сверхузкими линиями излучения (менее 100 микроэВ), что является мировым рекордом для подобных систем. Разработан метод получения когерентных АЗВ5 ННК на поверхности кремния.

Продемонстрирована возможность создания гибридной нанокompозитной структуры на основе интеграции полупроводниковых материалов разной размерности – массива квазиодномерных GaAs ННК, сформированных методом молекулярно-пучковой эпитаксии на подложке Si(111) и нульмерных коллоидных PbS квантовых точек. Исследованы морфологические и спектральные свойства полученной системы. Полученная гибридная система может оказаться перспективной для применения в оптоэлектронике на кремниевой платформе (рис. 6).

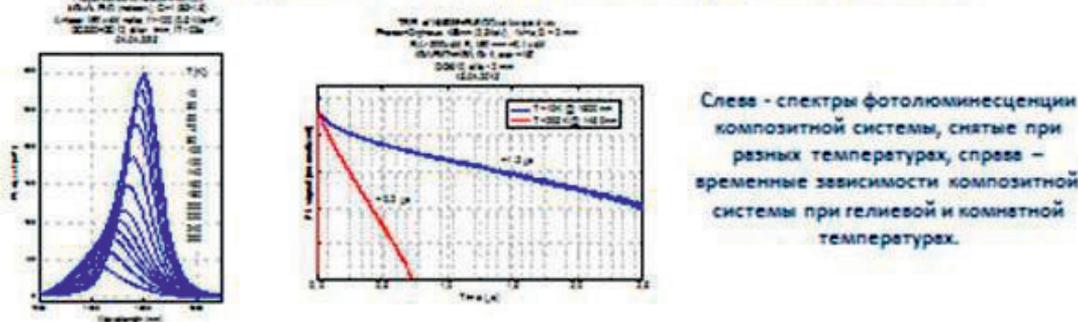
Обнаружен аномальный пьезоэлектрический эффект в нитевидных нанокристаллах GaAs (коэффициент пьезоэлектрического преобразования  $d_{33} \approx 26 \times 10^{-12}$  Кл/Н), связанный с наличием вюрцитной (гексагональной) кристаллической фазы в нанокристаллах, отсутствующей в объёмных материалах типа цинковой обманки. Полученный результат является основой технологии получения новых наноматериалов и создания микро- и наносистем на их основе, например, нанопьезодатчиков.

Весьма актуальным и востребованным направлением, которое успешно развивается в Институте, является создание методов и приборов для молекулярно-генетического анализа, аналитических методик для капиллярного электрофореза, разработка и усовершенствование оптических методов детектирования. Значимым достижением Института в этой области стали приборы для анализа нуклеиновых

кислот серии АНК, предназначенные для обнаружения и измерения исходного количества специфической ДНК (РНК) в исследуемом образце в широком динамическом диапазоне методом ПЦР в реальном времени. Эти приборы выпускаются серийно и находят широкое применение в таких областях, как практическое здравоохранение, биологическая безопасность, сельскохозяйственная и пищевая промышленность, криминалистика, в научных исследованиях.



Микроскопические изображения композитной системы. Слева – РЭМ массива GaAs/Si(111) ННК, в центре – ПЭМ одиночного ННК с КТ, справа – ПЭМ высокого разрешения этого же ННК.



Слева - спектры фотолюминесценции композитной системы, снятые при разных температурах, справа - временные зависимости композитной системы при гелиевой и комнатной температурах.

Рис. 6. Гибридная нанокompозитная система на основе массива GaAs ННК на подложке Si(111) и коллоидных PbS квантовых точек

В рамках Федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009-2014 годы)» в Институте был разработан комплект молекулярно-биологических тест-систем (КМТС). КМТС – комплекс современных реагентных средств выявления, идентификации и генетического типирования возбудителей различных инфекционных заболеваний: чумы, сибирской язвы, холеры, брюшного тифа, бруцеллеза, лихорадки Эбола, клещевого энцефалита и многих других методом ПЦР-РВ. В состав КМТС входит четырехканальный комплекс для выделения нуклеиновых кислот (КВНК), разработанный с применением технологии использования герметичных картриджей с необходимыми реагентами (рис. 7). А в 2020 году, в связи с обострившейся санитарно-эпидемиологической обстановкой, НПК «ООО Синтол»

(Москва), с которой Институт плодотворно сотрудничает многие годы, были оперативно разработаны реагенты для выявления новой коронавирусной инфекции COVID-19.



Рис. 7. Комплекс КВНК для выделения нуклеиновых кислот

На текущий момент времени Институт является единственной организацией в России, где были разработаны секвенаторы 1-ого и 2-ого поколений (рис. 8 и 9). Серийно выпускается генетический анализатор «Нанофор-05» – секвенатор 1-ого поколения (прибор восьмиканальный электрофореза с пятицветной лазер-индуцированной флуоресцентной детекцией), который используется в медицине, при санитарно-эпидемиологическом контроле, в сельском хозяйстве, криминалистике, биотехнологиях, фундаментальных исследованиях в области анализа нуклеиновых кислот.

В 2020 году завершена разработка аппаратно-программного комплекса «НАНОФОР СПС» (рис. 9), предназначенного для расшифровки последовательности нуклеиновых кислот патогенных микроорганизмов и основанного на высокопроизводительной технологии массового параллельного секвенирования. Успешно проведены Государственные приемочные испытания. Подтверждена возможность быстрого и эффективного секвенирования, в том числе и на примере генома коронавируса SARS-CoV-2. Ожидается, что аппаратно-программный комплекс «НАНОФОР СПС» будет востребован для полногеномного секвенирования и обеспечения биологической безопасности и независимости Российской Федерации от импортного оборудования.



Рис. 8. Генетический анализатор НАНОФОР® 05



Рис. 9. Полногеномный секвенатор ДНК НАНОФОР СПС

Институт аналитического приборостроения РАН уверенно развивается, сохраняя свой научный потенциал и традиции отечественного научного приборостроения.

## 2.2. ОТДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ, МАШИНОСТРОЕНИЯ, МЕХАНИКИ И ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 656.1–656.9; 656.01–656.09; 338.984; 338.1–338.5 DOI/10.48612/spbrc/zned-gg8n-4ur7

### Комплексное решение проблем интегральной транспортной инфраструктуры России

*В.Г. Рыбкин<sup>1)</sup>, И.Г. Малыгин<sup>2)</sup>*

<sup>1)</sup> Председатель Объединённого научного межведомственного координационного совета по комплексному решению проблем интегральной транспортной инфраструктуры Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5

<sup>2)</sup> Заместитель председателя Объединённого научного межведомственного координационного совета по комплексному решению проблем интегральной транспортной инфраструктуры Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук – директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук 199178, Санкт-Петербург, 12-я линия Васильевского острова, дом 13

В настоящей статье приводятся предложения, подготовленные Объединённым научным межведомственным координационным советом по комплексному решению проблем интегральной транспортной инфраструктуры Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук и ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук по развитию перспективной транспортной инфраструктуры России.

### Введение

Необходимо учитывать динамику внешних рисков, несущих серьезные угрозы для России: в первую очередь, меняющиеся военно-стратегические обстоятельства, попытки коллективного запада, развязавшего необъявленную (но это не должно вводить в заблуждение, что её нет) тотальную гибридную войну под благими предложениями «защиты демократии», заботы об экологии, устранения угрозы продовольственной безопасности навязать свои правила, а по сути, удержать мировое господство так называемого «коллективного Запада» над всеми остальными странами, «отменив» Россию, максимально изолировав ее от мировой экономики, исключив ее из мирохозяйственных связей, запустив тем самым процессы деградации её экономики. По сути, предпринята попытка организовать глобальную блокаду РФ,

что бесперспективно, учитывая имеющиеся преимущества России, включающие выгодное географическое положение, наличие большого количества природных ресурсов и высокий научно-технический потенциал. Эти факторы при условии эффективного использования и руководства позволяют в позитивном ключе смотреть в будущее.

Россия же видит будущее мироустройство иным образом. «Идея качественного интеграционного роста, «интеграции интеграций» заложена в российскую инициативу по формированию Большого евразийского партнёрства с участием всех без исключения стран Азии и Европы. Она сугубо прагматична и сейчас становится ещё более актуальной», сказал Президент Российской Федерации Владимир Путин в своем видеообращении 22 сентября 2020 года на 75-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН [1].

Вопросы транспорта и логистики являются важнейшими для развития делового сотрудничества и торговли на всем евразийском пространстве.

## **1. Научно-организационная деятельность**

В 2022 году Советом и Институтом совместно проведено 4 заседания научного совета и 2 международных конференции.

14 июня 2022 года на полях XXV юбилейного Петербургского международного экономического форума состоялась XII ежегодная международная конференция «ТРИЛОГИЯ» (Транспорт. Инвестиции. Логистика) [2].

09-10 ноября 2022 года Международная научно-практическая конференция «Транспорт России: проблемы и перспективы – 2022» [3].

Помимо 15 постоянных членов Совета в его мероприятиях участвовали приглашенные: 2 академика РАН, 2 члена-корреспондента РАН, 18 докторов наук, 11 кандидатов наук, члены комиссии Государственного совета Российской Федерации по направлению «Транспорт», представители Министерства транспорта Российской Федерации, ОАО «РЖД», транспортных ВУЗов, 11 руководителей отраслевых ассоциаций России, 6 зарубежных компаний, аспиранты и студенты.

Работа была сфокусирована на обсуждении и подготовке рекомендаций по стратегически важным и первоочередным задачам развития транспортно-логистической отрасли, развития международных транспортных коридоров на пространстве Большой Евразии, развития внутреннего водного, морского, автомобильного и воздушного транспорта. В период трансформации основных подходов к развитию транспортной системы страны необходимо обеспечить создание и внедрение перспективных разработок в области новых технологий и практических решений на транспорте, проведение исследований в области транспортной безопасности, в том числе её экологической составляющей, уделить пристальное

внимание разработкам современных методов управления стратегическим развитием транспортной инфраструктуры удаленных регионов страны, в том числе предусмотреть сценарий развития в условиях санкций.

## **2. Современные вызовы**

Инфраструктура должна ориентироваться на требования завтрашнего дня, открывать пространство возможностей для деловой инициативы. И практика показывает: как только появляются новые коридоры, обязательно появляются и грузы, которые по ним пойдут.

Участники подчеркнули, что санкции и новые глобальные вызовы принесли большие изменения в аспекты работы транспортных коридоров. Но все трудности имеют как положительные, так и отрицательные последствия, и эти два аспекта прекрасно сосуществуют.

Переформатирование товарных потоков ставит новые задачи на транспортно-логистической цепи. Эксперты Совета раскрыли этот аспект для каждой транспортной модели отдельно и по всему транспортному комплексу в целом. Главным направлением международного сотрудничества становятся совместные инвестиции как основа для повышения благосостояния сотрудничающих государств.

На состоявшемся высшем Евразийском экономическом совете были приняты ориентиры роста экономики на 5% в год, так как видны возможности наращивания объемов производства вплоть до 8% роста валового продукта через наращивание инвестиций и изменения денежно-кредитной политики.

Профессионалы-практики из сферы транспорта и логистики оценили потенциал развития МТК «Север – Юг» в новых экономических условиях. Однако транспортный коридор Север-Юг должен быть модернизирован в широком смысле. В противном случае он не сможет принести достаточное количество грузовой базы, что связано с незначительностью числа партнеров и операторского рынка, вовлеченных в создание МТК. В связи с этим важно развивать двух- и трехсторонние соглашения и создавать благоприятный переход на взаиморасчеты в национальных валютах. Коридор Север-Юг на данный момент является стратегической транспортной артерией по территории сопредельных государств.

В выступлениях экспертов ИПТ РАН была затронута важность вопросов экологии, решение которых временно отошло на второй план в связи с режимом усиления конфронтации с Западом. В том числе представлена разработанная ИПТ РАН концепция интеллектуальной системы экологической безопасности Арктической зоны РФ, предполагающая открытие широких возможностей для эффективного управления процессами, связанными с освоением природных ресурсов и индустриальным развитием регионов АЗ РФ.

Стране необходим осмысленный проект национально-государственного будущего, сопоставимый с Транссибом, в новых геополитических реалиях. Именно он сможет дать эффективные ответы на возникшие концентрированные исторические вызовы для России в начале XXI века. Вот они:

1. Критический износ национальной инфраструктуры, обусловленный исчерпанием инфраструктурного задела, созданного во времена СССР и отсутствием ощутимых инвестиций (как государственных, так и частных) в инфраструктуру, за исключением трубопроводного транспорта, в постсоветский период российской истории.

2. Несоответствие размещения производительных сил, созданных в условиях рыночной экономики за последние 30 лет, существующей магистральной инфраструктуре.

3. Формирование и закрепление архаичной и стратегически бесперспективной экономической модели, предполагающей опору на безраздельную эксплуатацию сырьевого комплекса и экспорт сырой нефти / природного газа («сырьевая модель») при одновременном установлении критической зависимости от импорта потребительских товаров, технологий, а отчасти, и кадров.

4. Закономерно и неизбежно сопутствующий сырьевой модели распад научно-технологического потенциала, унаследованного Россией от СССР.

5. Качественное усиление влияния на евразийском пространстве новых геополитических игроков – региональных модераторов, альтернативных России, в первую очередь, Китая на Дальнем Востоке и в Центральной Азии, Турции на Кавказе.

6. Критическое нарастание диспропорций в социально-экономическом развитии различных регионов России. В первую очередь, формирование и развитие у ряда регионов Сибири и Дальнего Востока «комплекса колонии». Возникновение первичных сепаратистских тенденций в азиатской части России. Начало переориентации ряда регионов РФ на внешние – находящиеся за пределами страны – центры влияния и силы; в частности, Дальнего Востока и Восточной Сибири – на Китай; Северного Кавказа – на Турцию и арабский мир.

### **3. Актуальность идеи Мегaproекта «Единая Евразия: Транс-Евразийский Пояс RAZVITIE»**

Россия во все времена жила большими идеями, которые собирали страну после кризисов, поднимали экономику, вдохновляли народ на великие свершения, повышали моральный дух нации. Такими большими идеями были строительство Транссибирской магистрали, начатое при Александре III, план ГОЭЛРО, атомный и космический проекты, строительство БАМа.

Сегодня Россия, переживающая не самые простые времена, также нуждается в больших идеях, которые трансформируются в Национальную инициативу.

Такой идеей является Мегапроект «Единая Евразия: Транс-Евразийский Пояс RAZVITIE» (далее – Мегапроект) [4].

### **3.1. Социальные эффекты Мегапроекта**

Представляемый Мегапроект исходит из системного представления о национальных интересах России в XXI веке. Его особенности и важные преимущества заключается в том, что для него характерен комплексный подход ко всем сферам жизнедеятельности не только российского, но и мирового сообщества.

Мегапроект предполагает формирование на территории Сибири и Дальнего Востока важнейших составляющих нового техно-промышленного и социокультурного уклада. Принципиальным элементом этого уклада является интегральная инфраструктурная система (мульти инфраструктура). Она объединит транспорт, энергетику, телекоммуникации, транспортировку воды, нефти и газа, обеспечит создание новых отраслей промышленности и новых научно-технологических и инженерных городов вдоль БАМа и Транссиба. Транс-Евразийский пояс «Razvitie» – это своеобразный пространственный коридор, объединяющий Европу и Азию, который одним своим формированием послужит механизмом стимулирования развития не только прилегающих к нему территорий и обслуживающих его отраслей в России, но и международных экономических отношений, культурных связей Европы и Азии.

Таким образом, при переходе страны от ресурсной экономики к высокотехнологичной, Мегапроект является многосложной задачей всероссийского масштаба, нацеленный на объединение восточной и западной части РФ посредством организации инфраструктурного пространства нового поколения – интеллектуальной мультимодальной транспортной системы России (ИМТС) [5]. Помимо повышения уровня экономического развития страны в целом и прилегающих к зоне Мегапроекта территорий, в частности, в результате реализации данной идеи рынки стран дальнего зарубежья становятся ближе (рис. 1, 2).

### **3.2. Маглев как составляющая Мегапроекта**

Как показывает опыт развитых стран Азии, при реализации Мегапроекта есть потенциальная возможность внедрить магнитолевитационную технологию для перевозки больших партий грузов с востока на запад страны и наоборот. Внедрение такой скоростной доставки будет способствовать быстрому реагированию на

потребности в товарах промышленности и продовольствия по всей территории страны.



Рис. 1. Укрупнённая схема размещения объектов инфраструктуры федерального значения, подлежащих созданию (модернизации) в рамках международных транспортных коридоров



Рис. 2. Проекты развития железнодорожного транспорта России

Сегодня магнитолевитационная транспортная технология вошла в стадию активного роста. Проекты магнитолевитационного транспорта внедрены в Японии, Китае, Южной Корее, в стадии проектирования и строительства находятся 5 проектов. Разработки продолжаются в 22 странах мира, строятся и реконструируются испытательные полигоны, в различной степени проработки находятся 18 крупных проектов на всех континентах. В Китае и Японии магнитолевитационный транспорт включен в положения основополагающих документов стратегического развития транспорта. Впервые и в Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года появилось понятие магнитолевитационного транспорта [6].

Силами специалистов организаций, входящих в состав Научно-образовательного инженерного кластера «Российский Маглев», разработана уникальная отечественная технология магнитной левитации, кратно превосходящая по своим характеристикам зарубежные аналоги. Технология полностью основана на российских разработках и патентах, использует исключительно отечественную элементную базу и производственные мощности. Российская производственная база располагает всеми необходимыми ресурсами и компетенциями для производства компонентов магнитолевитационной технологии и полностью отвечает политике импортозамещения.

Отечественная технология позволяет осуществлять высокоскоростные грузовые и пассажирские перевозки с высокой эффективностью и низким потреблением электроэнергии, в том числе совмещенные на одной инфраструктуре. По данным расчетов, с учетом мирового опыта эксплуатации, себестоимость перевозок магнитолевитационным транспортом составляет 70% от себестоимости перевозок традиционным железнодорожным транспортом, потребление энергии на перевозки до 40% ниже. Техногенное воздействие магнитолевитационного транспорта на окружающую среду в разы ниже, чем железнодорожного транспорта: отсутствует мелкодисперсная пыль, загрязнение продукцией химической промышленности, существенно снижено шумовое загрязнение, отсутствует износ и списание в отходы вращающихся и соприкасающихся деталей и узлов подвижного состава и инфраструктуры.

Строительство магнитолевитационных линий обеспечит снижение капиталовложений на 10% по сравнению с железнодорожными линиями, позволит осуществить прокладку магистралей в сложных условиях многолетней мерзлоты и горного рельефа, в том числе в районах, в которых прокладка железнодорожных линий существенно затруднена или невозможна. Магнитолевитационные линии строятся более чем в два раза быстрее железнодорожных линий. Все это позволит в кратчайшие сроки обеспечить связанность территории России.

Магнитолевитационный транспорт на базе отечественной технологии позволит перевозить грузы по Транссибу за 19 часов вместо целевых 7 суток по железной дороге. Для магнитолевитационного транспорта отсутствуют ограничения по массе поезда и скорости прохождения отдельных участков. Благодаря высокой маршрутной скорости перевозок провозная способность магнитолевитационных магистралейкратно превосходит возможности железнодорожного транспорта. Это позволит как обеспечить перемещение грузов и пассажиров внутри страны, так и создать устойчивые конкурентные преимущества российских маршрутов международных транспортных коридоров.

Российская магнитолевитационная инженерная школа признана мировым научно-инженерным сообществом. Представитель Кластера «Российский Маглев» включен в состав Международного управляющего комитета Международного совета по магнитной левитации.

Сегодня у России впервые за долгое время есть технологическое преимущество перед остальными странами мира. Развитие магнитолевитационного транспорта способно дать толчок к инновационному развитию целого ряда смежных отраслей и повысить качество экономического роста России. Отказ от скорейшего внедрения технологии в условиях наличия собственных технологических возможностей, готовности промышленной базы к реализации проекта приведет к безнадежному отставанию страны в своем технологическом и социально-экономическом развитии.

Важным социальным эффектом проекта как в транспортной, так и в смежных отраслях, является создание большого числа новых рабочих мест различной квалификации. Общий штат высокоскоростной дороги может составить порядка 600-700 тысяч человек по всей линии.

Возможность скоординированного перемещения по стране создаст условия для населения, в том числе инженерного кадрового состава, обосноваться на территориях с суровым климатом, как было предусмотрено в разработанных ранее проектах индустриализации страны. Это позволит обеспечить социально-технологический прорыв для удаленных территорий и создаст базу для их дальнейшего экономического развития. Приток инженерных специалистов на удаленные территории при эффективном управлении, разработанных мерах по снижению налоговой нагрузки и экономического стимулирования позволят создать новые производства и населенные пункты, являющиеся точками притяжения для высококвалифицированных работников, сопутствующих сфер деятельности таких, как: медицина, образование, торговля и т.п.

### **3.3. Финансово-экономические обоснования Мегaproекта**

При анализе финансово-экономического обоснования и построении финансовых прогнозов столь грандиозного по масштабам и огромной значимости Мегaproекта были рассмотрены следующие параметры:

1. Размер капитальных затрат составляет 1 054 млн. рублей за километр. При этом капитальные затраты распределяются равномерно в течение всего срока строительства.

2. Суммарная стоимость подвижных составов – 610 млрд. рублей.

3. Размер операционных затрат на обслуживание основной и вспомогательной инфраструктуры составляет 4 млн. рублей на километр пути в год (0,5 % от первоначальных капитальных затрат).

4. Амортизация по составам рассчитывалась исходя из фактического срока службы (30 лет). Амортизация по скоростной линии – исходя из срока эксплуатации в течение проекта (31 год).

Суммарная величина капитальных затрат на прокладку магнитолевитационного полотна для варианта со средней скоростью поездов на линии, равной 350 км/ч составит около 17 трлн. рублей.

При указанных выше предпосылках стоимость Мегaproекта и, соответственно, величина требуемых инвестиций в проект составит около 18 000 трлн. рублей (244 млрд. долларов США по текущему курсу).

Чистый (за вычетом государственных инвестиций) прирост налоговых поступлений в бюджет в результате реализации проекта по созданию высокоскоростного коридора развития оценивается в размере порядка 3-6 трлн. рублей.

### **3.4. Ожидаемые результаты Мегaproекта**

В целом, реализация Мегaproекта позволит:

– обеспечить качественный рост связности российской территории (интенсификацию внутренних хозяйственных и социальных обменов);

– создать ряд мощных стимулов для интеграции сибирских и дальневосточных регионов (макрорегионов) РФ в единое экономико-социальное пространство новейшей России;

– возродить и вывести на качественно новый технологический уровень сразу несколько несырьевых отраслей национальной индустрии РФ (в частности, точное машиностроение). Таким образом, Мегaproект станет локомотивом комплексной реиндустриализации России;

- создать реальные и разнообразные стимулы для развития экономически слабых регионов/территорий РФ и преодоления региональных диспропорций;
- позволит качественно повысить роль России как геополитического, промышленно развитого, экономического, культурного моста Большой Евразии.

### **3.5. Ограничения и необходимые условия реализации Мегaproекта**

Должна быть ясно выражена высшая политическая воля, поскольку, когда речь заходит об этом Мегaproекте, приходится сталкиваться с двумя основными возражениями: первое о том, что нечего будет перевозить по этой дороге, второе – очень дорого. Однако, уже имеется критическая масса научных обоснований, что этот Мегaproект является экономически важным. В крайнем случае, если он будет выполняться только при поддержке Российской экономики, это совсем не неподъёмный проект, при этом есть риски не только, связанные с реализацией Мегaproекта, но и с его не реализацией.

Требуется создание единого оператора, занимающегося генерированием и распределением грузопотоков. Ведь любые транспортные проекты без тщательного изучения грузовой базы перевозок – бессмысленны и могут привести к омертвлению значительных капитальных затрат, невостребованности инфраструктурного объекта, генерирующего убытки. Также существует необходимость создания структуры, которая будет управлять ходом реализации Мегaproекта и важность принятия быстрого политического решения о запуске Мегaproекта. Научно-экспертное сопровождение предлагаемых проектов может быть возложено на Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Для увеличения отдачи инвестиций, вкладываемых в создание инфраструктур пояса «Razvitie» не менее важным является «каскадный» способ продвижения от одной инфраструктурной единицы к другой. Это означает, что надо сформировать такую форму производственной деятельности, которая может переноситься с объекта на объект. Реализация Мегaproекта не должна допускать повторения социалистического «долгостроя» с резким удлинением сроков и удорожанием строительства по ходу его осуществления. Напротив, должны выделяться такие единицы проектного продвижения, при которых прибыль может извлекаться ещё до завершения всего проекта.

### **3.6. Использование опыта СССР: роль института генерального конструктора в реализации Мегaproекта**

Генеральный конструктор – особое явление, характерное для Советского Союза. Эта категория людей обладала уникальными компетенциями и особым типом мышления, позволявшим им решать сверхсложные задачи и работать одновременно в совершенно разных слоях: научном, техническом, социально-экономическом, политическом. Именно благодаря генеральным конструкторам (ГК) в СССР было реализовано значительное количество грандиозных по масштабу и комплексности, передовых для своего времени проектов – в энергетике, космосе, военном деле. Ключевым моментом является интеграция науки, промышленности и образования, которые, увы, сейчас существуют обособленно. Речь идет не просто о проектировании отдельных инженерно-технических конструкций (строительных объектов), а необходимости построения контуров нового техно-промышленного и социокультурного уклада. «Импортозамещение» в современном динамичном мире – догоняющий сценарий, только увеличивающий отставание. В качестве примера создания подобных контуров, рассматривая транспорт, как ведущую отрасль экономики страны, ИПТ РАН разработал Концепцию адаптации и управления стратегическим развитием транспортной инфраструктуры России в условиях санкций [7, 8].

Метапредметный подход основывается на работе над едиными проектами, например, созданием сверхскоростного транспорта на магнитном подвесе интегрированного с будущими энергоснабжением, связью, телекоммуникациями, обеспечением жизнедеятельности, утилизацией и многократным использованием отходов (переработкой для разных целей) и т.д., с максимальным использованием интегральных свойств и полезных свойств создаваемых вещей, когда эта работа распределяется отдельными проектными задачами между школами, вузами, научными институтами, различными производствами (предприятиями) с обязательной обратной рефлексией между ними и к институту ГК (коммуникации в современной, сетевой матрице, очевидно, не представляют трудности, IT-технологии «убили» пространство, нужен только созидательный посыл). Именно в силу вышеперечисленных обстоятельств институт современного ГК может позволить при решении комплексных, использующих множество различных дисциплин и практик проектов в их динамической взаимосвязи с институтами социума достичь реального развития.

Совет принял активное участие в разработке и принятии отечественных систем сертификации взамен зарубежных, в настоящее время формирует собственный независимый, международно-признаваемый центр по аккредитации органов по сертификации, что позволит и при параллельном импорте не допустить

проникновения в страну контрафактной продукции.

## Литература

1. *Путин В.В.* Видеообращение на 75-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН 22 сентября 2022 года. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/64074> (дата обращения: 13.02.2023).

2. XII Ежегодная международная конференция «ТРИЛОГИЯ» (Транспорт. Инвестиции. Логистика). Программа конференции. – URL: [http://www.iptran.ru/images/pdf/prog\\_conf\\_TRILOGIA\\_15062022.pdf](http://www.iptran.ru/images/pdf/prog_conf_TRILOGIA_15062022.pdf) (дата обращения: 13.02.2023).

3. Международная научно-практическая конференция «Транспорт России: проблемы и перспективы – 2022». Программа конференции. – URL: [http://www.iptran.ru/images/news/TRPP\\_2022/programm\\_conf\\_TRPP\\_2022.pdf](http://www.iptran.ru/images/news/TRPP_2022/programm_conf_TRPP_2022.pdf) (дата обращения: 13.02.2023).

4. *Малыгин И.Г., Литвинцев В.Я., Варнавский В.Г.* и др. Комплексное освоение территории Российской Федерации на основе транспортных пространственно-логистических коридоров. Актуальные проблемы реализации МЕГАПРОЕКТА «ЕДИНАЯ ЕВРАЗИЯ: ТЕПР – ИЕТС». – М.: Российская академия наук, 2021. – 464 с.

5. *Asaul A., Malygin I., Komashinskiy V.* The project of intellectual multimodal transport system // Transportation Research Procedia. 12th International Conference «Organization and Traffic Safety Management in Large Cities», SPbOTSIC 2016. 2017. С. 25–30.

6. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. – URL: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZIOpQhL10nUT91RjCbeR.pdf> (дата обращения: 13.02.2023).

7. *Малыгин И.Г., Гурлев И.В., Савушкин С.А.* и др. Комплекс моделей для управления стратегическим развитием транспортной инфраструктуры Сибири, Дальнего Востока и российской Арктики в условиях изменения климата. – СПб.: СПбУ ГПС МЧС России, ИПТ РАН, 2023. – 122 с.

8. *Цыганов В.В.* Методы стратегического управления транспортной инфраструктурой Сибири, Дальнего Востока и российской Арктики // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2021. № 2 (18). С. 3–8.

## 2.3. ОТДЕЛЕНИЕ ХИМИИ И НАУК О МАТЕРИАЛАХ

УДК 544, 54-1

DOI/10.48612/spbrc/ztkm-37un-pp53

**Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН:  
международный год стекла**

***Т.В. Антропова, Р.С. Бубнова, О.Ю. Голубева, А.Г. Иванова, Т.А. Кочина,  
И.Ю. Кручинина, Т.П. Масленникова, В.Л. Столярова, Г.А. Сычёва,  
О.А. Шилова***

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Набережная Макарова, дом 2

В настоящей статье представлены основные результаты ИХС РАН в области исследования: строения и свойств стеклообразного состояния вещества; пористых стекол и композиционных материалов на их основе; многокомпонентных систем на основе оксидов Hf, Zr и редкоземельных элементов при температурах до 3 000 К; матриц для красноизлучающих люминофоров, разработанных на основе боратов; протонных ионных жидкостей на основе биологически активных солей бис(2-гидроксиэтил)аммония и трис(2-гидроксипропил)аммония для радиомечения биомолекул изотопом 68-галлия; фотокаталитически активных наночастиц оксидов титана и композитов на их основе, перспективных для сельского хозяйства. Проведены исследования нанокompозитных материалов с ионной проводимостью для энергетики и силикатных сорбентов медицинского назначения. Разработаны новые материалы для альтернативной энергетики.



Институт химии силикатов, являясь признанным международной общественностью научной организацией, продолжает традиции исследований стеклообразного состояния вещества, заложенные академиками И.В. Гребенщиковым, М.М. Шульцем.

Поскольку Организация Объединенных Наций объявила 2022 год международным годом стекла, ИХС РАН совместно с СПбНЦ РАН организовали в

День российской науки 8 февраля 2022 г. открытие года стекла для научной общественности Санкт-Петербурга. На базе ИХС РАН после продолжительного перерыва был восстановлен научный семинар «Физическая химия стекла и стеклообразующих расплавов» под эгидой РХО им. Д.И. Менделеева.

В настоящее время в ИХС РАН ведутся научные исследования по широкому спектру направлений фундаментальной и прикладной науки в области химического материаловедения. Ниже приведены результаты научных исследований работ в 2021-2022 годов.

### **Исследование влияния скорости изменения температуры на стеклование различных по составу стекол**

В лаборатории строения и свойств стекла под руководством к.х.н. Сычевой Г.А. были получены новые данные при изучении влияния скорости изменения температуры на температуру стеклования ( $T_g$ ) и ширину интервала стеклования ( $\delta T_g$ ) на различных по фазовому составу стеклах [1-3]. Эксперименты показывают, что  $T_g$  увеличивается, а  $\delta T_g$  уменьшается с увеличением начальной плотности стекла. Рассматривая время структурной релаксации как функцию температуры и плотности, была разработана теоретическая модель, которая успешно описывает как изменения плотности стекла при отжиге, так и изменения температуры стеклования и ширины интервала стеклования при последующем нагревании (сплошные линии на рисунке). Полученные результаты важны для понимания отжига стекла и его влияния на расстекловывание при последующем нагревании – двух явлений, имеющих фундаментальное значение как для глубокого понимания природы стеклообразного состояния, так и для технологии стекла при получении новых стеклокристаллических материалов.

### **Новые разработки в области получения силикатных пористых стекол и композиционных материалов на их основе**

В лаборатории физической химии стекла, возглавляемой д.х.н. Антроповой Т.В., были проведены исследования, направленные на получение новых знаний о процессах фазового разделения в стеклообразующей системе  $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ , легированной оксидами никеля или железа, и химической устойчивости двухфазных стекол (ДФС). Разработаны способы получения новых пористых стекол (ПС) и создания новых функциональных композиционных материалов (КМ) на основе ПС-матриц. Выявлена структурная реорганизация никельсодержащих ДФС, как результат конкуренции между оксидами никеля и  $\text{VO}_4$  за компенсацию заряда щелочным катионом. Показано, что в ДФС формируются кристаллические соединения со структурой шпинели вследствие образования

нестехиометрических соединений  $Ni_xO_y$  (кластеры наночастиц). Обнаружен антиферромагнитный отклик NiO в ДФС, обогащенных  $B_2O_3$ , а также в полученных из них ПС в отличие от стекол, обогащенных  $SiO_2$ , которые проявляют свойства парамагнетиков [4]. Сформулирован физико-химический критерий получения магнетитсодержащих ПС путём селективного химического травления железо-содержащих ДФС [5, 6], согласно которому, помимо двухкаркасной ликвационной структуры и кристаллизации магнетита, в исходном стекле должно быть  $\geq 65$  мол. %  $SiO_2$  и  $\geq 6$  мол. %  $Fe_2O_3$ . При этом молярное соотношение  $R = [Na_2O]/[B_2O_3] < 0,5$ , а ионы трехвалентного железа, не входящие в магнетит, должны иметь октаэдрическую координацию по кислороду. С учетом этого предложен способ изготовления магнитных ПС, перспективных для микроэлектроники и мембранных технологий, позволивший уменьшить на 70 % энергозатраты на их получение.

### **Высокотемпературная химия оксидных систем и материалов**

Впервые в лаборатории высокотемпературной химии гетерогенных процессов, возглавляемой академиком В.Л. Столяровой, на основе комплексного физико-химического изучения многокомпонентных систем на основе оксидов гафния, циркония и редкоземельных элементов при температурах до 3 000 К с использованием разработанной единой концепции испарения и прогнозирования термодинамических свойств оксидных систем выявлены образцы керамики с наименьшей летучестью, рекомендованные для дальнейшей разработки материалов с заданными физико-химическими свойствами, в частности, высокотемпературных защитных покрытий [7]. Впервые рассмотрена возможность применения полуэмпирических методов Колера, Редлиха-Кистера и Вильсона, а также обобщенной решеточной теории ассоциированных растворов (ОРТАР) для расчёта термодинамических свойств трехкомпонентных систем на основе оксидов гафния и редкоземельных элементов в концентрационных областях, представляющих интерес для разработки керамики высшей огнеупорности. Показано, что экспериментальные данные, впервые полученные методом высокотемпературной масс-спектрометрии, об активностях оксидов лантаноидов в исследованных образцах рассматриваемых систем хорошо коррелируют с результатами, полученными на основе подхода ОРТАР по данным для соответствующих бинарных систем [8-10].

Корректность структурного и термодинамического описания изученных систем проиллюстрирована с привлечением результатов метода высокотемпературной масс-спектрометрии и обобщенной решеточной теории ассоциированных растворов [9, 10]. Подтверждена корреляция между найденными впервые значениями избыточной энергии Гиббса при температурах 2 373 и 2 500 К в системе  $Sm_2O_3-ZrO_2-HfO_2$  и

изменениями относительных чисел связей, образующихся с учетом второй координационной сферы, в конденсированной фазе рассматриваемой системы.

Впервые разработана люминесцентная стеклокерамика высокой прочности, стабильная при длительной эксплуатации до температур 1 273 К [11].

### **Кристаллохимический критерий выбора матрицы для люминофоров**

В лаборатории структурной химии оксидов под руководством д.х.н. Р.С. Бубновой проводится направленный поиск новых боратов – матриц для красно излучающих люминофоров. Люминесцентные свойства материалов зависят не только от природы и типа иона-активатора, но и от химического состава и кристаллической структуры матрицы.

На основании исследования заполнения независимых позиций ионами-активаторами в структуре матрицы и оптических свойств новых люминофоров, разработанных на основе новых боратов ( $\text{Sr}_3\text{Bi}_2(\text{BO}_3)_4:\text{Eu}$  [12];  $\text{Ba}_3\text{Bi}_2(\text{BO}_3)_4:\text{Eu}$  [13];  $\text{Ba}_3\text{Lu}_2\text{V}_6\text{O}_{15}:\text{Eu}$  [14];  $\text{BaBi}_2\text{B}_2\text{O}_7:\text{Eu}$  [15];  $\text{Ba}_6\text{Lu}_5\text{V}_9\text{O}_{27}:\text{Eu}$  [16]) установлено, что в случае если матрица люминофора содержит несколько систем кристаллографически неэквивалентных позиций (2-3), пригодных для иона-активатора, то заполнение этих позиций будет происходить последовательно, если позиции различаются по размеру полиэдров (объем, средняя длина связи, пр.). Предлагается кристаллохимический критерий поиска матрицы для люминофоров среди соединений, в которых содержится несколько позиций, различных по размеру [16]. Расстояние между центрами фотолюминесценции сохраняется подходящим для проявления излучательных переходов, если ионы-активаторы занимают наиболее подходящую по размерам позицию независимо от их количества в кристаллической структуре. Это влияет на концентрационное тушение. Как только ионы-активаторы начинают занимать менее подходящие по размеру позиции, расстояние между активными центрами будет сокращаться, что приводит к концентрационному тушению.

### **Органосиликатные покрытия**

Значительные успехи в исследованиях органо-неорганических покрытий различного функционального назначения достигнуты под руководством д.х.н. Шиловой О.А. В лаборатории кремнийорганических соединений и материалов под руководством д.х.н. Кочиной Т.А.

Разработаны защитные органо-силикатные покрытия, устойчивые при высоких (800 °С) и низких (-60 °С) температурах, с высокими механическими характеристиками, обладающие высокой коррозионной стойкостью и стойкостью к биодеструкции [17]. На основе системы  $\text{Si-B}_4\text{C-ZrB}_2$ , модифицированной

углеродсодержащими материалами, при температуре 1 000-1 300°C на воздухе получены композиты и покрытия. Модифицированные материалы могут быть использованы для защиты графита от окисления, а также для защиты оксидной керамики от эрозионного воздействия.

Открыты новые буферные агенты – протонные ионные жидкости на основе биологически активных солей бис(2-гидроксиэтил)аммония и трис(2-гидроксипропил)аммония для радиомечения биомолекул изотопом <sup>68</sup>Ga-галлия. Проведен анализ конформации гидроксиалкиламмониевых катионов [18], термической стабильности и противомикробной активности. Синтез <sup>68</sup>Ga-меченных радиофармпрепаратов в присутствии синтезированных буферов, как в высокотемпературных, так и в низкотемпературных условиях, продемонстрировал их эффективность над широко используемым цвиттер-ионным буферным агентом NEPES (4-(2-гидроксиэтил)-1-пиперазинэтансульфоная кислота). Применение алканолламмониевых ионных жидкостей в клиническом производстве радиофармпрепаратов заслуживает более широкого изучения.

### **Золь-гель технология**

В Лаборатории неорганического синтеза получены фотокаталитически активные наночастицы оксидов титана и композиты на их основе, перспективные для использования в сельском хозяйстве в качестве реагентов, способствующих повышению роста растений, а также в качестве материалов, способных оказывать фунгицидное действие.

Показано, что водные суспензии на основе синтезированного высокопористого нанопорошка TiO<sub>2</sub> с высокоразвитой поверхностью обладают слабоосновной реакцией, благодаря доминирующему процессу гидролиза с образованием бренстедовских основных групп (= Ti(OH)<sub>2</sub>), что благоприятно для обработки семян и проростков растений. Водные суспензии нанопорошков TiO<sub>2</sub> с концентрацией 0,3 г/л вне зависимости от их фазового состава оказывают положительное влияние на всхожесть семян белокочанной капусты сорта *Penca de Povoá* при предпосевной обработке семян [19]. При этом суспензия высокопористого плохо окристаллизованного синтезированного анатаза оказывает положительное влияние на рост проростков капусты в концентрации 0,3 г/л и проявляет более высокие фитопротекторные свойства в концентрации 3,0 г/л при выращивании семян капусты в грунте, зараженном заболеванием «Черная ножка», по сравнению с суспензией высокофотокаталитического TiO<sub>2</sub> смешанного фазового состава в концентрации 0,3 г/л. Последнее может быть связано с угнетением роста растений в связи с выделением большего количества синглетного кислорода.

Модификация поверхности наночастиц  $\text{TiO}_2$  (анатаза) кремнеземом способствует резкому увеличению генерации синглетного кислорода и, следовательно, повышению фотокаталитической активности под воздействием ультрафиолетового света [20]. Увеличение фотокаталитической активности обусловлено уменьшением размера частиц, двукратным увеличением удельной площади поверхности, а также изменением функционального состава поверхности (от кислотных центров Льюиса, соответствующих наличию на поверхности катионов  $\text{Ti}^{2+}$ , что характерно для исходных частиц  $\text{TiO}_2$ , до кислотных центров Бренстеда, характерных для медленно диссоциирующих гидроксильных групп – для композитных частиц  $\text{TiO}_2@\text{SiO}_2$ . Эти эффекты усиливаются за счет развитой поверхности с высокой фрактальной размерностью, а также в результате увеличения значений дзета-потенциала наночастиц (до 30 мВ) и гидродинамического диаметра агрегатов вследствие увеличения толщины гидратной оболочки.

### **Физико-химическое конструирование новых материалов**

В Лаборатории физико-химического конструирования и синтеза функциональных материалов под руководством член-корр. РАН В.В. Гусарова и к.х.н. Т.П. Масленниковой проводятся работы по изучению синтетической предистории нанопластин  $\text{Me}(\text{OH})_2$ , где  $\text{Me} = \text{Mg}, \text{Ni}$ , которая может существенным образом отразиться на распределении по размерам полученных из пластин наносвитков и их морфологии. При формировании поликристаллических нанопластин увеличивается доля «дефектных» наносвитков при синтезе из них гидросиликатов  $\text{Me}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ,  $\text{Me} = \text{Mg}, \text{Ni}$ . Морфологические особенности наносвитков сказываются на их термической устойчивости. Увеличение доли наносвитков с «дефектной» морфологией понижает их термическую устойчивость на 5-15 °С [21, 22].

Получены образцы керамических композитов  $(1-x)\text{LaPO}_4-x\text{Al}_2\text{O}_3$ , перспективных как в качестве иммобилизующих матриц так и в качестве тепловых барьеров роторов высокоскоростных турбогенераторов для альтернативной энергетики. Показано, что все они имеют высокую термическую стойкость (не ниже 1 600 °С), высокую микротвердость по Виккерсу (до 30 Гпа) и низкую теплопроводность, особенно при низких концентрациях оксида алюминия [23, 24].

Исследуются материалы с высокой ионной проводимостью, а также сорбенты и керамические катализаторы нового поколения на основе двух тройных систем:  $\text{MeO}-\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{Me}'_2\text{O}_3$ , где  $\text{Me} = \text{Sr}, \text{Ca}$ ;  $\text{Me}' = \text{Cr}, \text{Fe}$  и  $\text{Me}_2\text{O}-\text{Me}'\text{O}-\text{TiO}_2$ , где  $\text{Me} = \text{Cs}, \text{K}$ ,  $\text{Me}' = \text{Mg}, \text{Ni}, \text{Cu}$ . Изучена фотокаталитическая активность композиционных твердых электролитов, формирующихся в частных разрезах  $(\text{SrO})_{0.2}(\text{Bi}_2\text{O}_3)_{0.8}-\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $(\text{SrO})_{0.2}(\text{Bi}_2\text{O}_3)_{0.8}-\text{BiFeO}_3$  системы  $\text{SrO}-\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Для образцов, полученных

пиролизом цитратно-нитратных композиций, наблюдалось увеличение фотокаталитической активности при уменьшении содержания  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Для полученных калиевых и цезиевых голландитов изучена электропроводность в среде воздуха и аргон-водородной смеси в интервале температур 200–800 °С. Она возрастает для всех изученных образцов в присутствии водорода, что позволяет их отнести к хеморезистивным материалам. Установлено, что калиевые голландиты, содержащие Mg и Ni, показывают чувствительность  $R_{\text{air}}/R_{\text{Ar}/5\%\text{H}_2} \approx 300-400$ , а цезиевые до  $R_{\text{air}}/R_{\text{Ar}/5\%\text{H}_2} \approx 600$ , (в смеси Ar/H<sub>2</sub> с содержанием H<sub>2</sub> – 5 об. %). Полученные материалы перспективны в качестве сенсорных материалов и электродов водородных топливных элементов [25].

### **Разработка силикатных сорбентов медицинского назначения**

В лаборатории химии силикатных сорбентов под руководством д.х.н. О.Ю. Голубевой разработан экономичный одностадийный способ получения нового класса неорганических материалов – алюмосиликатных наногубок со структурой каолинита  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  [26]. Наногубки были получены в ходе гидротермальной обработки алюмосиликатных гелей в кислой среде (pH = 2,6) при 220°С без использования сшивающих органических агентов, таких как циклодекстрин, полимеры или др. Исследования сорбционных свойства полученных наногубок и их биологической активности показали, что по своим сорбционным характеристикам синтезированный наногубчатый алюмосиликат превосходит не только природные структурные аналоги и синтетические алюмосиликаты другой морфологии, но и ряд известных промышленных сорбентов, а также не обладают токсичностью. Перспективность синтезированных наногубок для разработки на их основе очевидна как для новых эффективных сорбентов, так и для носителей лекарственных препаратов с pH-контролируемым выходом активного вещества. В ИХС РАН ранее были разработаны подходы к получению целой линейки пористых алюмосиликатов с различной морфологией – каркасных алюмосиликатов (цеолиты различных структур), слоистых силикатов различного химического состава, а также алюмосиликатов со сферической, нанотрубчатой и наногубчатой морфологиями. Исследования цитотоксичности и гемолитической активности синтетических образцов алюмосиликатов показали отсутствие у них токсичности, характерной для природных минералов, что свидетельствует о перспективности исследования возможности их использования в качестве медицинских сорбентов [27]. Исследования сорбционной способности алюмосиликатов различной морфологии по отношению к органическим красителям, ионам тяжелых металлов и ряду лекарственных препаратов показывают значительный потенциал синтетических алюмосиликатов для их использования в

качестве энтеро- и гемосорбентов [28], в том числе селективных, превосходящим по своим характеристикам активированные угли.

## Материалы для альтернативной энергетики

В лаборатории химических проблем энергетики под руководством д.т.н. И.Ю. Кручининой разработаны катионпроводящие гибридные мембраны «ПВС/ФУР/АСК/ТЭОС» на основе сшитого фурфуролом (ФУР) поливинилового спирта (ПВС), модифицированного аминосульфоновой кислотой (АСК) и тетраэтоксисиланом (ТЭОС), пригодные для эксплуатации в водородно-воздушном твердополимерном топливном элементе (ВВ ТПТЭ) в расширенном температурном диапазоне от 20 до 180 °С. Максимум ионной проводимости разработанных мембран ( $1,5 \cdot 10^{-3}$ – $2,4 \cdot 10^{-2}$  См/см при 90–120 °С) сопоставим с максимумом ионной проводимостью коммерческой мембраны Нафюн-115 ( $1,4 \cdot 10^{-2}$  См/см при 55 °С) [29]. Эксплуатация ВВ ТПТЭ с разработанными мембранами при более высоких температурах (> 80 °С) будет способствовать увеличению скорости электродных реакций и повышению его производительности, при этом габаритные размеры такого ТПТЭ могут стать меньше, габаритных размеров ТПТЭ, работающего в температурном диапазоне 40–60 °С.

Группой под руководством д.т.н. В.Н. Антипова предложены новые конструктивные решения электрогенерирующего оборудования, в том числе новый патентно-защищенный способ размещения криостата в магнитной системе сверхпроводникового синхронного генератора и патентно-защищенный вариант электрического генератора с поперечным магнитным потоком для ветроэнергетики.

Численным моделированием магнитного поля в поперечном сечении генератора мощностью 10 МВт при различных режимах подтверждены преимущества новой конструкции: уменьшается коэффициент рассеяния обмотки возбуждения, увеличивается магнитный поток воздушного зазора, что позволит сэкономить до 750–800 м сверхпроводника [30, 31].

Используя критерий максимума коэффициента мощности разработана оригинальная методика выбора основных размеров генераторов с поперечным потоком и параметров обмотки, что позволит снизить значение номинального тока и потери в меди и повысить КПД и вращающий момент машины.

Членом-корреспондентом РАН Л.И. Чубраевой предложена оригинальная конструкция энергетической установки, перспективной для применения в Арктическом регионе.

## Литература

1. *Юрицын Н.С.* Температурная зависимость плотности стабилизированного натриевооборатного стекла при температурах ниже температуры стеклования // Физика и химия стекла, 2020, том 46, № 4. С. 349–357.
2. *Fokin V.M. et al.* Effect of structural relaxation on crystal nucleation in glasses (author: Fokin V.M., Abyzov A.S., Yuritsyn N.S., Schmelzer J.W.P., E. D. Zanotto) // Acta Materialia, 2021, vol. 203, N. 116472. P. 1-13.
3. *Yuritsyn N.S. et al.* Annealing effects on the glass transition: Experiment and theory (author: Yuritsyn N.S., Fokin V.M., Schmelzer J.W.P., Abyzov A.S., Rodrigues A.M.) // Journal of Non-Crystalline Solids, 2022, V. 204. P. 121669.
4. *Cizman A. Et.al.* Comprehensive studies of activity of Ni in inorganic sodium borosilicate glasses doped with nickel oxide (author: A. Cizman, K. Idczak, M. Krupinski, M. Girsova, A. Zarzycki, E. Rysiakiewicz-Pasek, E. Zielony, P. Staniorowski, P. Wrzesinska, I. Perlikowski, E. Jach, L. Ermakova, T. Antropova) // Applied Surface Science. 2021. Vol. 558. P. 149891-1 – 149891-10.
5. *Konon M. et.al.* Mössbauer spectroscopy, XRPD and SEM study of iron-containing Na<sub>2</sub>O-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> glasses (author: Konon M., Polyakova I., Stolyar S., Simonenko N., Simonenko T., Zolotov N., Semenova E., Antropova T.) // Journal of the American Ceramic Society. 2021. Vol. 104. P. 3149–3157.
6. *Konon M. et.al.* Chemical durability of the iron-containing sodium borosilicate glasses (author: Konon M., Antropova T., Zolotov N., Simonenko T., Simonenko N., Brazovskaya E., Kreisberg V., Polyakova I.) // Journal of Non-Crystalline Solids. 2022. V. 584. P. 121519.
7. *Stolyarova V.L. et al.* The Potential of the Wilson Method in the Calculation of the Thermodynamic Properties of Oxide Systems at High Temperatures (author: Stolyarova V.L., Vorozhtcov V.A.) // Russian Journal of Inorganic Chemistry. Luxembourg: Springer, 2021, V. 66, N. 9. P. 1396-1404.
8. *Stolyarova V.L. et al.* High temperature behavior of oxide systems containing rare earth elements (author: Stolyarova V.L., Vorozhtcov V.A.) // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. Luxembourg: Springer, 2022, V. 56, N. 4. P. 600–608.
9. *Kablov E.N. et al.* High temperature mass spectrometric study of the thermodynamic properties in the Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub>-HfO<sub>2</sub> system (author: Kablov E.N., Stolyarova V.L., Vorozhtcov V.A., Lopatin S.I., Shugurov S.M., Shilov A.L., Karachevtsev F.N.) // Rapid Commun. Mass Spectrom. Chichester: Wiley-Blackwell, 2022, V. 36, N. 7. P. e9238.
10. *Kablov E.N. et al.* Mass spectrometric study and modeling of the thermodynamic properties in the Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub>-HfO<sub>2</sub> system at high temperatures (author: Kablov E.N., Shilov A.L., Stolyarova V.L., Vorozhtcov V.A., Karachevtsev F.N., Lopatin S.I.,

Shugurov S.M.) // Rapid Commun. Mass Spectrom. Chichester: Wiley-Blackwell, 2022, V. 36, N. 13. P. e9306.

11. Патент РФ № 2781090 С1; МКИ G01J 1/58. Широкополосный селективный сенсор УФ излучения / Заявка от 02.12.2021; опубликован 05.10.2022.

12. *Kolesnikov I.E. et al.* Europium-activated phosphor  $\text{Ba}_3\text{Lu}_2\text{B}_6\text{O}_{15}$ : influence of isomorphic substitution on photoluminescence properties (author: Kolesnikov I.E., Bubnova R.S., Povolotskiy A.V., Biryukov Y.P., Povolotckaia A.V., Shorets O.Yu., Filatov S.K.) // Cer. Int. 2021, V. 47, N. 6. P. 8030–8034.

13. *Shablinskii A.P. et al.* Novel  $\text{Sr}_3\text{Bi}_2(\text{BO}_3)_4:\text{Eu}^{3+}$  red phosphor: Synthesis, crystal structure, luminescent and thermal properties (author: Shablinskii A.P., Bubnova R.S., Kolesnikov I.E., Krzhizhanovskaya M.G., Povolotskiy A.V., Ugolkov V.L., Filatov S.K.) // Solid St. Sci. 2017, V. 70. P. 93–100.

14. Патент на изобретение 2722343 С1. Красноизлучающий термически стабильный фотолуминофор  $\text{Ba}_3\text{Bi}_2(\text{BO}_3)_4:\text{Eu}^{3+}$  для чипов светодиодов / Заявка № 2019141216 от 11.12.2019; опубликован 29.05.2020.

15. *Shablinskii A.P. et al.* Novel red-emitting color-tunable phosphors  $\text{BaBi}_{2-x}\text{Eu}_x\text{B}_2\text{O}_7$  ( $x = 0-0.40$ ): Study of the crystal structure and luminescence (author: Shablinskii A.P., Povolotskiy A.V., Kolesnikov I.E., Biryukov Ya.P., Bubnova R.S., Avdontceva M.S., Demina S.V., Filatov S.K.) // JSSC. 2022, V. 307. P. 122837.

16. *Bubnova R.S. et al.* Cation sites occupation and luminescence of novel red-emitting phosphors  $\text{Ba}_6(\text{Lu}_{1-x}\text{Eu}_x)_5\text{B}_9\text{O}_{27}$  ( $x = 0.02-0.2$ ) (author: Bubnova R.S., Povolotskiy A.V., Biryukov Y.P., Kolesnikov I.E., Volkov S.N., Filatov S.K.) // Cer. Int. 2022, V. 48, N. 11. P. 15966–15974.

17. *Баньковская И.Б. и др.* Высокотемпературные защитные стеклокерамические покрытия для неметаллических материалов (авторы: Баньковская И.Б., Коловертнов Д.В.). – Изд-во ВВМ. 2022. 118 с.

18. *Kondratenko Y. A. et.al.* Synthesis, crystal structure and properties of tris(2-hydroxypropyl)ammonium based protic ionic liquids and protic molten salts (author: Kondratenko Y.A., Antuganov D.O., Kadnikova O.Yu., Zolotarev A.A., Ugolkov V.L., Nadporojskii M. A., Kochina T. A.) // Journal of Molecular Liquids. 2021. V. 324. P. 114717.

19. *Khamova T.V. et.al.* The Structure and Properties of  $\text{TiO}_2$  Nanopowders for Use in Agricultural Technologies (author: Khamova T.V., Kopitsa G.P., Nikolaev A.M., Kovalenko A.S., Panova G.G., Udalova O.R., Zhuravleva A.S., Gorshkova Yi.E., Chelibanov V.P., Chelibanov I.V., Baranchikov A.E., Tsvigun N.V., Pipich V., Shilova O.A.) // Biointerface Research in Applied Chemistry. 2021. V. 11. N. 4. P. 12285-12300.

20. *Shilova O.A. et.al.* Surface and photocatalytic properties of sol-gel derived  $\text{TiO}_2@\text{SiO}_2$  core-shell nanoparticles (author: Shilova O.A., Kovalenko A.S.,

Nikolaev A.M., Mjakin S.V., Sinelnikov A.A., Chelibanov V.P., Gorshkova Yu.E., Tsvigun N.V., Ruzimuradov O.N., Kopitsa G.P.) // *J. Sol-Gel Sci. Technol.* 2022.

21. *Масленникова Т.П. и др.* Формирование наносвистков гидросиликата магния со структурой хризотила из нанокристаллического гидроксида магния и их термически стимулированная трансформация (авторы: Масленникова Т.П., Гатина Э.Н., Котова М.Е., Уголков В.Л., Абиев Р.Ш., Гусаров В.В.) // *Неорганические материалы.* 2022. Т. 58. № 11. С. 1-11.

22. *Kotova M.E. et.al.* Formation, structure, composition in the dispersed state, and behavior of nanoparticles heated in the  $Mg(OH)_2-Ni(OH)_2$  system (author: Kotova M.E., Maslennikova T.P., Ugolkov V.L., Gusarov V.V.) // *Nanosystems: Phys. Chem. Math.*, 2022, V. 13. N. 5. P. 514–524.

23. *Мезенцева Л.П. и др.* Керамические композитные матрицы на основе системы  $LaPO_4-ZrO_2$ : Получение и свойства (авторы: Мезенцева Л.П., Осипов А.В., Уголков В.Л., Акатов А.А., Коптелова Л.А.) // *Физ. Хим. стекла.* 2022. Т. 48. № 1. С. 44–51.

24. *Мезенцева Л.П. и др.* Керамические композиты на основе ортофосфата лантана и оксида алюминия: Получение и свойства (авторы: Мезенцева Л.П., Осипов А.В., Уголков В.Л., Кручинина И.Ю., Иванова П.И., Хамова Т.В., Любимцев А.С.) // *Физ. Хим. стекла.* 2022. Т. 48. № 3. С. 307-324.

25. *Ershov D.S. et.al.* Synthesis and Research of the Phase Formation of Solid Solutions of Bismuth Chromates in the Triple Systems  $MeO-Cr_2O_3-Bi_2O_3$  (author: Ershov D.S., Besprozvannykh N.V., Sinelshchikova O.Yu.) // *Glass Physics and Chemistry.* 2021. V. 47. N. 6. P. 683–690.

26. *Golubeva O. Yu. Et.al.* Aluminosilicate nanosponges: synthesis, properties, and application prospects (author: Golubeva O.Yu., Alikina Yu.A., Khamova T.V., Vladimirova E.I.V., Shamova O. V.) // *Inorg. Chem.* 2021, V. 60. № 22. P. 17008–17018.

27. *Golubeva O. Yu. Et.al.* Particles Morphology Impact on Cytotoxicity, Hemolytic Activity and Sorption Properties of Porous Aluminosilicates of Kaolinite Group (author: Golubeva O.Y., Alikina Y.A., Brazovskaya E.Y.) // *Nanomaterials (Basel).* 2022. V. 12. P. 2559.

28. *Golubeva O. Yu. Et.al.* Adsorption properties and hemolytic activity of porous aluminosilicates in a simulated body fluids (author: Golubeva O.Yu., Alikina Y.A., Brazovskaya E.Y., Vasilenko N.M.) // *Chemengeneering.* 2022. V. 6. N. 5. P. 78.

29. *Lezova O.S. et.al.* Study of the composition and structure of ion-conducting membranes based on polyvinyl alcohol by  $^1H$  NMR spectroscopy (author: Lezova O.S., Myasnikov D.V., Selivanov S.I., Shilova O.A., Ivanova A.G.) // *International Journal of Hydrogen Energy.* 2021. V. 47. Iss. 7. P. 4846-4853.

30. *Antipov V.N. et al.* Novel model of rotor design to increase the air gap flux of superconducting generator (author: Antipov V.N., Ivanova A.V., Grozov A.D.) // COMPEL. 2022, vol. 41, N. 4, pp. 1181-1194.

31. Патент РФ 2761864. Синхронный сверхпроводниковый ветрогенератор / Заявка от 06.04.2021; опубликован 13.12.2021. Бюллетень №35.

## 2.4. ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

УДК 57.022, 57.052, 575.162, 612.1–612.4, 612.55, 612.84, 615.8 DOI/10.48612/spbrc/86dt-vfup-7pdf

### Деятельность Института физиологии им. И.П. Павлова РАН в 2021-2022 гг.

*А.Е. Чуйкин, И.И. Актуганова*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Набережная Макарова, дом 6

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук (далее – Институт) является научной многопрофильной организацией.

Институт создан как Физиологический институт АН СССР на основании Постановления Общего Собрания АН СССР от 05 декабря 1925 г. (протокол ОС №10, §167) «О реорганизации Физиологической лаборатории АН СССР в Физиологический институт АН СССР». Постановлением Президиума АН СССР от 14 июля 1950 г. (протокол № 21, §406) Физиологический институт АН СССР был преобразован в Институт физиологии им. И.П. Павлова АН СССР. На основании Указа Президента РСФСР от 21 ноября 1991г. № 228 «Об организации Российской академии наук» Институт вошел в состав Российской академии наук как Институт физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук. Институт был переименован в соответствии с постановлением Президиума Российской академии наук от 18 декабря 2007 г. № 274 в Учреждение Российской академии наук Институт физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук.

Постановлением Президиума Российской академии наук от 13 декабря 2011 года № 262 изменен тип и наименование Института с Учреждения Российской академии наук Института физиологии им. И.П. Павлова РАН на Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук. В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 15 мая 2018 г. № 215 «О структуре федеральных органов исполнительной власти» и распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 июня 2018 г. № 1293-р Институт передан в ведение Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Институт находится под научно-методическим руководством Отделения физиологических наук Российской академии наук. Деятельность Института полностью соответствует профилю 1. «Генерация знаний». Целью и предметом деятельности Института является: проведение фундаментальных (экспериментальных

или теоретических), поисковых и прикладных научных исследований, направленных на получение и применение новых знаний об основных закономерностях функционирования и строения организмов, систем человека и животных в норме и при адаптации к меняющимся условиям окружающей среды.

Институт осуществляет проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований по следующим направлениям:

- интегративные, молекулярно-клеточные и генетические основы адаптивного поведения;
- физиологические, онтогенетические и генетические механизмы повышения устойчивости мозга к неблагоприятным воздействиям;
- механизмы распознавания сенсорных образов, преобразования сенсорной информации на уровне органов чувств и сенсомоторного контроля двигательной активности;
- нервные, нейроиммунные и гормональные механизмы деятельности внутренних органов в норме и при экстремальных условиях;
- разработка и применение информационных технологий для исследования, моделирования и восстановления физиологических функций.

Институт выполняет фундаментальные исследования, относящиеся к следующим основным направлениям научно-технической деятельности (наименование и индекс по рубрикатору ГРНТИ): 31.27.25. – биохимия животных; 34.15.35. – молекулярная мембранология; 34.17.23. – биофизика клетки; 34.23.33. – генетика поведения; 34.39.17. – физиология центральной нервной системы; 34.39.19. – физиология сенсорных систем; 4.39.23. – высшая нервная деятельность; 34.39.29. – кровообращение; 34.39.31. – дыхание; 34.39.33. – пищеварение; 34.39.39. – физиология эндокринной системы; 34.39.51. – возрастная физиология.

Научная тематика Института соответствует приоритетному направлению Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (СНТР) – пункт 20 подпункт В: переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения, в том числе за счет рационального применения лекарственных препаратов (прежде всего антибактериальных). Область знаний – «Биологические науки». Приоритетное направление развития науки, технологий и техники Российской Федерации – «Живые системы». Критические технологии Российской Федерации – «Биомедицинские и ветеринарные технологии жизнеобеспечения и защиты человека и животных».

В настоящее время Институт осуществляет проведение фундаментальных научно-исследовательских работ по 7-ми темам НИР, включенным в Государственную программу Российской Федерации 47 ГП «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» (2019-2030) Подпрограмма «Фундаментальные научные исследования для долгосрочного развития и обеспечения

конкурентоспособности общества и государства» (47\_110\_ДРиОК). Постановление Правительства РФ №377 от 29 марта 2019 года.

Большую роль в успешном развитии научных исследований Института в 2021–2022 годах сыграло активное вовлечение в разработку и совершенствование тематики Института Центров коллективного пользования «Конфокальная микроскопия» (руководитель проф. Б.В. Крылов) и «Биоколлекция ИФ РАН» (руководитель проф. РАН Е.А. Рыбникова), а также научно-образовательный центр «Биологические и социальные основы инклюзии» (руководитель к.б.н. Е.А. Огородникова).

Значительное продвижение в развитии научных исследований в Институте обеспечивает формирование в 2020 г. и успешная деятельность Научного центра мирового уровня «Павловский центр «Интегративная физиология – медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости».

В 2021-2022 г. в Институте функционировало 28 научных подразделений: 21 лаборатория и 7 групп, объединенных в 3 научных отдела и 2 научно-вспомогательных отдела. Штат Института – 452 работника. Из них – 176 научных сотрудников, в том числе 2 академика РАН, 1 член-корреспондент РАН, 39 докторов наук, 85 кандидатов наук.

### **Важнейшие результаты НИР ИФ РАН в 2021 – 2022 годах**

Тема *«Исследование интегративных механизмов развития адаптивных и патологических состояний мозга при экстремальных воздействиях»*. Научный руководитель д.б.н. Н.Э. Ордян.

Исследования направлены на решение актуальной проблемы – выявление интегративных механизмов развития адаптивных и патологических состояний мозга при экстремальных воздействиях на разных этапах онтогенеза. Детальное изучение этих механизмов создаст фундаментальную основу для разработки стратегий предотвращения и коррекции негативных последствий поражений головного мозга после воздействия неблагоприятных факторов, а в перспективе позволит решить такую важнейшую задачу здравоохранения как снижение распространения ряда заболеваний ЦНС – энцефалопатии новорожденных, когнитивного дефицита, нейродегенерации и преждевременного старения.

Результаты исследований с использованием экспериментальных моделей показали, что стрессорный ответ матери на гипоксию в период закладки гиппокампа плода вызывает в мозге потомства устойчивые изменения паттернов эпигенетических модификаций хроматина и активности системы индуцированного гипоксией транскрипционного фактора HIF1, центральные и периферические нарушения регуляции глюкокортикоидной системы, дисфункцию глутаматергической медиаторной системы с гиперактивацией внутриклеточного компонента mGluR1-

ассоциированного сигнального пути, что сопровождается эндокринными и метаболическими нарушениями, развитием когнитивного дефицита, преждевременной гибелью нейронов и ранним старением [1].

Тема *«Исследование молекулярных, генетических и эпигенетических механизмов адаптивного поведения»*. Научный руководитель д.б.н. Е.А. Рыбникова.

Стрессорные воздействия могут провоцировать социально-значимые заболевания, оказывая пагубное, и пока что непонятое влияние в первую очередь на нервную систему и когнитивные функции живых организмов. В последнее время обнаружен феномен родительского наследования, согласно которому прогноз развития нейропсихиатрических заболеваний требует учитывать родительское происхождение аллелей как существенный фактор предрасположенности у потомства. Пространственная структура хроматина родителей - новый предиктивный маркер нейропатологии потомков. Это может быть использовано в разработке новых подходов к терапии нейродегенеративных заболеваний и повышения стрессоустойчивости.

Пространственная организация хромосом ядра нервных клеток зависит от частоты эктопических контактов хроматина (ЧЭК) и влияния микроРНК (миР). У гибридов дрозофилы, полиморфных по гену ключевого фермента ремоделирования актина *limk1*, ЧЭК предопределяет способность к обучению и сохранению памяти в прямой зависимости от структуры генома родителей. Выявлен короткий фрагмент сателлитной ДНК (~30 п.н.), связанный с формированием эктопических контактов между этим и другими районами X-хромосомы. Уровень экспрессии миР-794 способствует проявлению патроклинного наследования среднесрочной памяти у гибридов с одинаковой способностью к обучению [2, 3].

Тема *«Фундаментальные комплексные исследования механизмов кодирования сенсорной информации, распознавания сенсорных образов, принятия решений и сенсомоторного контроля двигательной активности»*. Научный руководитель д.м.н., проф. Ю.Е. Шелепин.

Проведен многосторонний анализ обработки зрительной информации естественными и искусственными нейронными сетями. Проведена аппроксимация представлений посредством генерации отдельных фрагментов изображений искусственной нейронной сетью в нейронных сетях мозга приматов. Показано, что кодирование изображений осуществляется при помощи коллективной активности нейронов, а в обработке большинства категорий участвует до 93 % нейронов слоя. Категории рассмотрены на основе сравнения с прототипом, описывающим согласованную активность элементов слоя. Впервые проведён многосторонний анализ применения матрицы ковариаций для формирования прототипа и описания категории зрительных образов.

Исследования направлены на разработку принципов развития и взаимодействия естественного и искусственного интеллекта. Принципы кодирования изображения в естественных и искусственных нейронных сетях, является важным направлением как в области нейронаук, так и компьютерного зрения. Разрабатываемые подходы позволяют снять существующие ограничения применения технологии искусственных нейронных сетей в управлении, образовании и медицине. Работа важна для решения критически важных задач, например: «сжатия» многоуровневых сетей, которая особенно актуальна в инженерии, например, при встраивании технологии глубоких нейронных сетей практически во все устройства в различных сферах применения [4, 5].

Тема *«Характеристика и расшифровка механизмов изменений висцеральной сферы организма при действии на него экстремальных факторов внешней среды»*. Научный руководитель д.б.н. Н.П. Александрова.

В мировом спорте высоких достижений наблюдается стремительный рост спортивных результатов. Подготовка спортсменов высокой квалификации требует совершенствования тренировочных программ с учетом современных знаний физиологии. Система внешнего дыхания может стать лимитирующим звеном в достижении максимального спортивного результата. Установлено, что сила и выносливость дыхательных мышц являются определяющими факторами в обеспечении необходимого уровня вентиляции легких при экстремальных физических нагрузках высокой интенсивности. Это определяет актуальность разработки специальных методик тренировки дыхательных мышц для достижения рекордных результатов с учетом специфики различных видов спорта.

Показано, что преобладание в тренировочном процессе динамических аэробных нагрузок в сочетании с добавочным сопротивлением дыханию (пловцы), повышает максимальную силу сокращений дыхательных мышц и максимальную вентиляцию легких, ослабляя корреляционную зависимость между этими показателями, что свидетельствует о возможности полного использования пловцами функциональных резервов дыхательной системы, в отличие от спортсменов, тренирующихся с преобладанием статических нагрузок (борцы). Рекомендуется включение в подготовку спортсменов силовых видов спорта тренировки дыхательных мышц, а также оценки их функционального состояния в индивидуальных планах подготовки спортсменов высокой квалификации [6, 7].

Тема *«Раскрытие механизмов взаимодействия молекулярно-клеточных и системных регуляций функций внутренних органов»*. Научный руководитель академик РАН Л.П. Филаретова.

Нарушениям в церебральных механизмах контроля висцеральной ноцицепции отводят ведущую роль в развитии устойчивой к современной терапии хронической абдоминальной боли, сопровождающей воспалительные и функциональные

заболевания толстой кишки. Однако механизмы участия структур головного мозга в контроле висцеральной болевой чувствительности в норме и особенности их реализации при кишечной патологии во многом остаются неясными. Детальное исследование этих процессов позволит выявить супраспинальные звенья патогенеза хронических абдоминальных болевых синдромов разной этиологии, способствуя тем самым разработке направленных методов их коррекции в гастроэнтерологической и неврологической клиниках.

В нейрофизиологических экспериментах на крысах установлено, что в норме нейроны паравентрикулярного ядра гипоталамуса (ПЯГ) могут в равной степени реагировать на болевую стимуляцию толстой кишки возбуждением или торможением импульсной активности. При этом продемонстрирован преимущественно угнетающий эффект электростимуляции ПЯГ на реакции нейронов продолговатого мозга, вызванные болевым колоректальным растяжением. Впервые показано, что кишечное воспаление сопровождается увеличением доли клеток ПЯГ, отвечающих торможением активности на висцеральные болевые сигналы, а также характеризуется уменьшением эффективности тормозных (антиноцицептивных) гипоталамобульбарных влияний [8, 9].

Тема *«Интегративные механизмы регуляции двигательных и висцеральных функций при стимуляции спинного мозга»*. Научный руководитель чл.-корр. РАН Ю.П. Герасименко.

Разработана новая неинвазивная технология спинальной нейромодуляции для контроля локомоторной и поструральной функции человека. Мультисегментарная стимуляция спинного мозга, адресованная к нейронным сетям и моторным пулам, способна регулировать локомоторную активность человека. Стимуляционное воздействие на флексорные моторные пулы (латеральная стимуляция T11) в фазу переноса конечности и экстензорные моторные пулы (латеральная стимуляция L1) в фазу опоры позволяет регулировать параметры шагательных движений. Пространственно-временная стимуляция T11 и L1 в сочетании с активацией нейронных сетей позволяет управлять локомоцией. Показано, что мультисегментарная неинвазивная стимуляция улучшает поструральный контроль у спинальных пациентов детского возраста [10].

Тема *«Информационные технологии для исследования, моделирования и коррекции системных физиологических процессов при организации поведения»*. Научный руководитель к.б.н. Е.А. Огородникова.

Выполнение научных и методических задач направлено на интеграцию новых знаний и технологий, развитие информационных систем и алгоритмов анализа экспериментальных данных, повышающих эффективность физиологических и медицинских исследований, методов коррекции сенсорно-когнитивных дисфункций, программ сопровождения и проблемно-ориентированных технических разработок.

При этом большинство результатов или уже используется, или имеет потенциал применения в исследовательской, клинической и образовательной практике.

Проводятся исследования процессов коммуникации в норме (сенсорные и несенсорные факторы речевого слуха на фоне многоголосия) и при нарушениях слухоречевой функции; получены новые данные экспериментальных и клинических исследований для разных групп испытуемых (от детей младшего возраста до пожилых людей); проанализированы жалобы на состояние слухоречевой функции и аудиологические показатели после перенесенной коронавирусной инфекции, опыт транскраниальной электростимуляции пациентов сурдологического профиля.

Продолжены исследования по развитию информационных технологий (аппаратно-программные модули для исследования зрительного восприятия; программный алгоритм обнаружения скрытых вставок в видеопотоках, расширение методики оценки внимания и обучения в младшем возрасте, комплекса для коррекционной работы) и алгоритмов математического и статистического анализа данных в сложных дизайнах исследований (онтогенеза нервной системы; пептидных препаратов; воображаемых движений; зрительного восприятия при депрессии, шизофрении, в условиях «сухой» иммерсии; русской версии скрининговой шкалы оценки перинатальной тревожности).

Продолжены разработки по коррекции нарушений слухоречевой функции (способ неинвазивной электромагнитной стимуляции слуховых нейронов, перцептивный контроль настройки кохлеарных имплантов); исследование и моделирование механизмов зрительных иллюзий (иллюзия кривизны), целостного восприятия и сегментации, влияния внимания на краудинг-эффект (с лабораторией физиологии зрения); изучение магнитобиологических эффектов. Описаны особенности формирования понятий и суждений по аналогии для объектов разной сложности в возрастном и неврологическом аспектах; макроструктуры рассказа (языковые навыки) в условиях билингвизма; влияния яркой белой вставки (1 кадр) на электрическую активность головного мозга в диапазоне 5-20 Гц в течение 700 мс от предъявления в видеопотоке [11 – 15].

## **Культурно-просветительская деятельность ИФ РАН в 2021 – 2022 годах**

Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН ведет большую просветительскую работу, связанную с популяризацией истории и достижений российской физиологической науки. Эта деятельность ведется сейчас по четырем стратегическим направлениям: музейно-выставочная работа, профориентация школьников, медиапродвижение Института, наука и искусство.

При Институте функционируют Мемориальный музей-квартира академика И.П. Павлова (Санкт-Петербург, Васильевский остров, 7-я линия, дом 2) и Музей И.П. Павлова в Колтушах (Всеволожский район, с. Павлово, ул. Быкова, д.34). В 2021 и 2022 годах в музеях было проведено более 600 экскурсий. Музеи приняли участие в городском Форуме Малых музеев Санкт-Петербурга, в фестивале Детские дни в Петербурге, в Городском межмузейном конкурсе «Большая регата 2021-2022».

В 2021 году в музее И.П. Павлова в Колтушах была открыта новая научно-художественная экспозиция «Школа Павлова», посвященная И.П. Павлову и его ученикам и последователям великим учёным – Л.А. Орбели, М.Е. Лобашеву, В.Н. Черниговскому, Л.А. Фирсову, А.М. Уголеву и др. Проект «Школа Павлова» был признан одним из 100 лучших проектов, реализованных на средства Фонда президентских грантов. Такое решение принял Координационный комитет, рассмотрев более 6 тысяч проектов, срок реализации которых закончился в 2021 году. 26 сентября 2022 года в Мемориальном музее-квартире И.П. Павлова на Васильевском острове прошла первая, после возобновления, конференция «Павловские встречи». Было заслушано 8 докладов, посвященных деятельности Ивана Петровича, его учеников и последователей, роли И.П. Павлова в современных науках о человеке, фигуре И.П. Павлова в культуре и искусстве.

В Институте продолжается профориентационная работа со школами в привязке к учебной программе старших классов. К традиционной работе на базе Колтушей со школами Всеволожского района, добавилось сотрудничество с Лицеом 257 в г. Пушкине. Разработаны новые экскурсии для школьников с посещением лабораторий Института, подготовлена и анонсирована программа экскурсий и лабораторных занятий для школьников средних и старших классов совместно с Лабораторией профессий.

В июле 2022 года завершён годовой проект организации стажировок и интенсивов для художников на базе БИОСТАНЦИИ – Лаборатории технологического искусства в Колтушах. Двенадцать художников прошли стажировку и получили консультации, более 100 человек приняли участие в интенсивах на базе лабораторий Института.

В Кинолаборатории Института физиологии им. И.П. Павлова в Колтушах стартовал спецкурс для студентов Санкт-Петербургского государственного института кино и телевидения. В распоряжении будущих режиссеров-документалистов предоставлено оборудование, которое широко использовалось учёными Института физиологии в пору преимущественного использования пленочных кино-технологий для фиксации результатов научных исследований. Студенты под руководством сотрудников Института Н.А. Мальцева, Л.В. Андреевой познакомились с принципами работы монтажных станков и кинопроекционной аппаратуры. В дальнейшем они

займются монтажом собственных короткометражных учебных фильмов из материалов, предоставленных Киногруппой Института.

С октября по декабрь 2022 года прошел проект НАУЧГРАФ совместно с фондом поддержки инноваций и молодежных инициатив. В нем приняли участие 9 молодых дизайнеров, разработавших научную графику для научных статей сотрудников Института. Результаты конкурса были подведены 15 декабря 2022 года, три победителя получили дипломы и денежные премии.

Отдел научной коммуникации Института ведет работу по обмену опытом в области научной коммуникации с коллегами из других организаций, подчиняющихся Министерству науки и образования. В Казанском Университете в рамках Арт-Хакатона 4 сентября 2022 года прошла Лекция начальника отдела научной коммуникации Института И.И. Актугановой «Умножение сложности. Как искусство помогает науке понять себя» о том, как организовать сотрудничество учёных и художников на примере проекта «Новая Антропология», реализованного на базе Института в Павловских Колтушах. Также И.И. Актуганова приняла участие в дискуссионной панели «Искусство как инструмент научной популяризации» в рамках Сибирской креативной недели в Красноярске на базе Сибирского Федерального университета 24-25 ноября 2022 года. 21 декабря 2022 года И.И. Актуганова провела лекцию и мастер-класс в Нижегородском государственном университете имени Лобачевского по проектам «Школа Павлова», «Новая Антропология» и «Биостанция – лаборатория технологического искусства».

Институт активно сотрудничает со средствами массовой информации. За два года вышло более 70 публикаций в СМИ, на специализированных ресурсах и в научно-популярных пабликах о научной и просветительской деятельности Института.

## Литература

1. *Vetrovoy O. et. al.* Prenatal hypoxia induces premature aging accompanied by disturbed function of glutamatergic system in rat hippocampus (авторы: Vetrovoy O., Stratilov V., Nimiritsky P., Makarevich P., Tyulkova E.) // *Neurochemical Research*. 2021, V. 46, P. 550-563.

2. *Medvedeva A.V. et al.* Parent-of-origin effects on nuclear chromatin organization and behavior in a *Drosophila* model for Williams-Beuren syndrome (авторы: Medvedeva A.V., Tokmatcheva E.V., Kaminskaya A.N., Vasileva S.A., Nikitina E.A., Zhuravlev A.V., Zakharov G.A., Zatssepina O.G., Savvateeva-Popova E.V.) // *Vavilov journal of genetics and breeding*. 2021, V. 25, N. 5, P. 472-485.

3. *Zhuravlev A.V. et al.* Chromatin structure and «DNA sequence view»: the role of satellite DNA in ectopic pairing of the *Drosophila* X polytene chromosome (авторы: Zhuravlev A.V., Zakharov G.A., Anufrieva E.V., Medvedeva A.V., Nikitina E.A.,

Savvateeva-Popova E.V.) // International Journal of Molecular Sciences. 2021, V. 22, Art. 8713.

4. *Nam, Y. et al.* View-tuned and view-invariant face encoding in IT cortex is explained by selected natural image fragments. (авторы: Nam, Y., Sato, T., Uchida, G., Malakhova E., Ullman S., Tanifuji M.) // Sci. Rep. 2021, V. 11, Art. 7827.

5. *Малахова Е.Ю.* Представление категорий посредством прототипов согласованной активности нейронов в свёрточных нейронных сетях // Оптический журнал. 2021, Т. 58, № 12, С. 36-41.

6. *Segizbaeva M.O., Aleksandrova N.P.* Respiratory Muscle Strength and Ventilatory Function Outcome: Differences Between Trained Athletes and Healthy Untrained Persons. // Adv. Exp. Med. Biol. 2021, V. 1289, P. 89-97.

7. *Segizbaeva M.O., Aleksandrova N.P.* Adaptive changes of the Ventilatory Function in Athletes with different training type // Human Physiology. 2021, V. 47, N. 5 P.562-568.

8. *Pantelev S.S. et al.* The Buspirone-dependent Abdominal Pain Transmission Within the Nucleus Tractus Solitarius in the Rat (авторы: Pantelev S.S., Sivachenko I.B., Lyubashina O.A.) // Neuroscience. 2021, V. 452, P. 326-334.

9. *Любашина О.А. и др.* Амигдалофугальная модуляция висцеральной ноцицептивной трансмиссии в каудальной вентролатеральной ретикулярной области продолговатого мозга крысы в норме и при кишечном воспалении (авторы: Любашина О.А., Сиваченко И.Б., Бусыгина И.И.) // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2021, Т. 107, № 10, С. 1219–1234.

10. *Calvert J.S. et al.* Voluntary Modulation of Evoked Responses Generated by Epidural and Transcutaneous Spinal Stimulation in Humans with Spinal Cord Injury. (авторы: Calvert J.S., Gill M.L., Linde M.B., Veith D.D., Thoreson A.R., Lopez C., Lee K.H., Gerasimenko Y.P., Edgerton V.R., Lavrov I.A., Zhao K.D., Grahn P.J., Sayenko D.G.) // J. Clin. Med. 2021, V. 10, Art. 4898.

11. *Андреева И.Г., Огородникова Е.А.* Слуховая адаптация к характеристикам речевого сигнала // Ж. эволюционной биохимии и физиологии. 2022, Т. 58, № 5, С. 365-379.

12. *Столярова Э.И. и др.* Программный комплекс для коррекционной работы и тестирования детей со слухоречевыми нарушениями (авторы: Столярова Э.И., Белова Н.Ю., Солнушкин С.Д., Чихман В.Н. // Психолого-педагогические исследования. 2022. Т. 14, № 1, С. 77-94.

13. *Бобошко М.Ю. и др.* Пути улучшения разборчивости речи при использовании слуховых аппаратов (авторы: Бобошко М.Ю., Бердникова И.П., Мальцева Н.В., Жилинская Е.В., Огородникова Е.А.) // Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae. 2021, V. 27, № 1, С. 21-29.

14. Королева И.В. и др. Использование психоакустических тестов для перцептивной оценки настройки процессора кохлеарного импланта у глухих пациентов (авторы: Королева И.В., Огородникова Е.А., Левин С.В., Пак С.П., Кузовков В.Е., Янов Ю.К.) // Вестник оториноларингологии. 2021. Т. 86, № 1, с. 30-35.

15. Сурма С.В. и др. Воздействие слабых магнитных полей на слуховой нерв пациентов с нейросенсорной тугоухостью III и IV степени (авторы: Сурма С.В., Клячко Д.С., Щеголев Б.Ф., Огородникова Е.А.) // Российская оториноларингология. 2021, Т. 20, № 5, С. 63-67.

## 2.5. ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ

УДК: 551.46

DOI/10.48612/spbrc/48e9-2h39-rdpr

### **Водно-вихревые и биогеохимические процессы в глубине и на границе раздела «вода – воздух» в широком диапазоне масштабов. Исследования Санкт-Петербургских океанологов**

*А.А. Родионов, Д.А. Романенков, А.Ю. Дворников, М.А. Родионов,  
А.В. Зимин, Т.И. Малова*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский филиал Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук 199004, Санкт-Петербург, 1-я линия Васильевского острова, дом 30

В настоящей статье приводятся основные научные достижения Санкт-Петербургского филиала Института океанологии имени П.П. Ширшова Российской академии наук за последние два года.

#### **1. Динамика океана**

В период 2021–2022 гг. основные направления исследований Лаборатории численных экспериментов по динамике океана включали:

- моделирование поверхностных и внутренних приливов в море Лаптевых и приливные изменения его регионального климата;
- технологию прямого моделирования и исследования морских волн;
- моделирование приводного волнового пограничного слоя.

Рассмотрим подробнее отмеченные направления.

**Моделирование поверхностных и внутренних приливов в море Лаптевых и приливные изменения его регионального климата.** В рамках исследования приливных изменений регионального климата моря Лаптевых на основе высокоразрешающего моделирования были воспроизведены пространственные распределения климатических характеристик и интегральных по глубине составляющих бюджета бароклинной энергии в море. Микроструктурные измерения в море Лаптевых показали эпизодическое, коррелирующие с полусуточным приливом, усиление диссипации кинетической энергии турбулентности на шельфе и на континентальном склоне примерно на два порядка величины по сравнению с фоновыми значениями. Современные модели климата моря могут включать приливное воздействие, но их пространственного разрешения недостаточно для корректного воспроизведения внутренних приливных волн. Считается, что даже при

явном учете приливного форсинга, если пространственное разрешение недостаточно, требуется дополнительная параметризация приливного диапикнического перемешивания, обусловленного эффектами внутренних приливных волн. Все существующие параметризации приливного перемешивания основаны на приближении «слабого взаимодействия», когда различие частот фоновой и приливной турбулентности велико, и можно пренебречь нелинейным взаимодействием между ними. В этом случае влияние приливного диапикнического перемешивания учитывается путём сложения его с фоновым турбулентным перемешиванием. В большинстве параметризаций для определения коэффициента диапикнической диффузии  $k_p$  используется формула Осборна:

$$k_p \approx 0,2 \cdot \left\langle \frac{-\dot{\epsilon}}{\rho} \right\rangle \cdot N^{-2} ,$$

где  $\dot{\epsilon}$  – локальная скорость диссипации бароклиной приливной энергии;  $\rho$  – средняя плотность морской воды;  $N$  – частота плавучести Брента-Вяйсяля; угловые скобки означают усреднение за приливный цикл.

Основное различие подходов заключается в определении диссипации бароклиной приливной энергии. Наиболее популярные параметризации предполагают, что диссипация бароклиной приливной энергии может быть описана орографическим сопротивлением, в этом случае аргументами для ее определения выступают диссипация баротропной приливной энергии и вертикальный масштаб вырождения, на котором диапикническая диффузия убывает по экспоненциальному закону с расстоянием от дна.

Предлагается другой способ учета диапикнического перемешивания, основанный на непосредственных модельных оценках диссипации бароклиного прилива. Для этого была решена вспомогательная задача воспроизведения динамики бароклиного прилива (волна  $M_2$ ) и его энергетических характеристик в море Лаптевых с помощью трехмерной гидростатической модели высокого разрешения QUODDY-4 [1]. На рисунке 1 представлены результаты анализа расчетов. Максимальные значения диапикнической диффузии до  $10^{-1}$  м<sup>2</sup>/с приходится на районы с выраженной приливной динамикой (Хатангский залив) и изрезанным рельефом дна (окрестности свала глубин, северо-западная часть моря). Был оценен вертикальный масштаб вырождения внутренних приливных волн как расстояние от дна, ниже которого коэффициент диапикнической диффузии превышает  $10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с. На шельфе масштаб вырождения равен 20–30 м, на континентальном склоне – 100–400 м, в глубоководной части моря – 50–100 м. Наблюдаемая пятнистая структура обеих характеристик на рисунке 1 говорит в пользу использования предложенной параметризации приливного диапикнического перемешивания, в сравнении с

параметризациями через орографическое сопротивление, в которых вертикальный масштаб вырождения задается постоянной величиной.

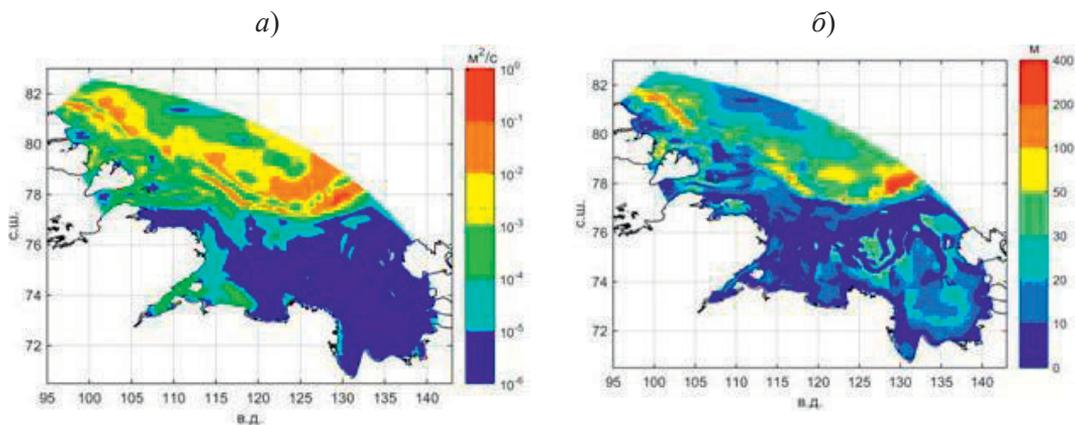


Рис. 1. Результаты моделирования бароклинного прилива в море Лаптевых:  
а – средний по глубине коэффициент приливной диапикнической диффузии;  
б - вертикальный масштаб вырождения внутренних приливных волн

Для апробирования предложенной параметризации была выполнена серия численных экспериментов по установлению климата моря Лаптевых в летний период с учетом и без учета приливного диапикнического перемешивания. Детали модельных расчетов, а также характеристики сеток и внешних воздействий изложены в [2]. По результатам моделирования нескорректированный и скорректированный (за счет приливной диапикнической диффузии) коэффициенты вертикального турбулентного перемешивания отличаются друг от друга на несколько порядков величины. Можно ожидать, что вклад эффектов внутренних приливных волн в формирование климата моря Лаптевых будет значимым наряду с другими климатообразующими факторами. Следующий пример из результатов моделирования иллюстрирует этот вывод. Оценивая средние (по площади моря) приливные изменения температуры (рис. 2) и солёности в сравнении с климатической нормой, убеждаемся, что общепринятое игнорирование приливных изменений температуры и солёности морской воды оправдано лишь частично: оно справедливо для средних (по площади моря) значений и не справедливо для экстремальных величин. Это означает, что существующие сейчас методы прогноза и расчета экстремальных значений температуры и солёности морской воды в части объёма моря в данном случае нуждаются в ревизии. Результаты исследования должны использоваться в региональных климатических моделях арктических морей.

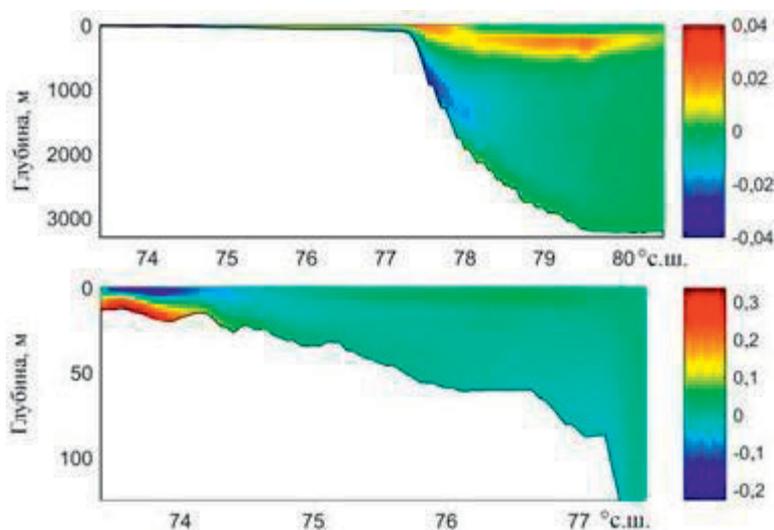


Рис. 2. Приливные изменения температуры морской воды ( $^{\circ}\text{C}$ ) вдоль меридионального разреза  $120^{\circ}$  в.д. в море Лаптевых. На верхнем фрагменте они показаны вдоль всего разреза, на нижнем – вдоль его мелководной части в увеличенном масштабе

### Технология прямого моделирования и исследования морских волн.

Выполнено сравнение основных подходов к прямому моделированию поверхностных волн, основанных на полных потенциальных уравнениях динамики жидкости со свободной поверхностью [3]. Большинство таких моделей предназначены для изучения прикладных и инженерных задач. Рассмотрена приближенная схема, основанная на двумерных уравнениях [4]. Этот подход применяется к моделированию двумерных периодических волновых полей с разрешением по фазе. Основная идея схемы вытекает из представления потенциала скорости как суммы линейных и нелинейных составляющих. Решение для линейной составляющей известно аналитически, следовательно, нелинейная составляющая должна быть вычислена с помощью уравнения Пуассона с нулевым граничным условием на поверхности. Такой подход предлагает новый способ упростить вычисления, рассматривая двумерное уравнение Пуассона на поверхности. Роль прямого моделирования возрастет в связи с тем, что его можно будет использовать для уточнения спектрального моделирования. Схема позволяет воспроизводить статистический режим волн с высокой точностью, согласующейся с аналогичными результатами, полученными в точной трехмерной модели. На рисунке 3 показаны результаты сравнения решений в двух постановках. Близость кривых, соответствующих каждой постановке, доказывают идентичность результата моделирования, но затрачиваемое на расчет время в двумерной модели оказывается примерно на два порядка меньше.

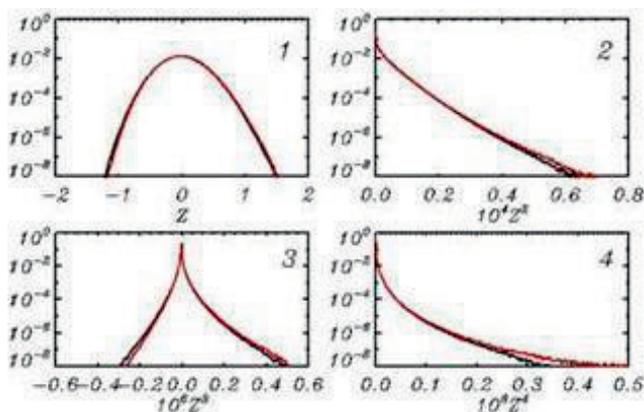


Рис. 3. Сопоставление вероятности высокого порядка распределения статистических моментов волновой поверхности, рассчитанной с точной трехмерной (черный цвет) и упрощенной двумерной (красный цвет) волновыми моделями. Панели 1–4 представляют безразмерные величины  $Z^n = (\eta/H_s)^n$ ,  $n=1, 2, 3, 4$ , соответственно ( $\eta$  – высота волн,  $H_s$  – характерная высота волн)

#### Моделирование приводного волнового пограничного слоя.

Сформулирована модель ветрового волнения [5], включающая два компонента: одномерную волновую модель пограничного слоя (ВПС) и двумерную волновую модель. Объединенная модель используется в двух вариантах: при наличии и отсутствии волнового потока импульса. Проведена серия экспериментов для разных внешних параметров: скорости ветра на верхней границе волнового пограничного слоя и возраста обратной волны. Изучены вертикальные профили скорости ветра, турбулентного и волнового потоков импульса, которые были сопоставлены с результатами, полученными по модели волнового пограничного слоя. Сравнение показало, что результаты совместного моделирования в точности совпадают с результатами модели волнового пограничного слоя в случае полностью развитых волн и существенно отличаются, если рассматривать развивающиеся волны. Показано, что создаваемый волной поток импульса вызывает значительные отклонения профиля скорости ветра в нижней части пограничного слоя волн от логарифмического профиля (рис. 4). Использование при совместном моделировании спектра, меняющегося в процессе развития ветрового волнения, является наиболее достоверным и полным способом описания взаимодействия ветра и волн. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что моделирование объединенной динамики волнового пограничного слоя и волн не дает количественно или качественно принципиально новых результатов, если рассматривается полностью развитое волнение. Однако для слаборазвитого волнения это оказывается неверно. В частности, результаты расчетов по модели волнового пограничного слоя для рассмотренных метеорологических характеристик являются в разной степени

завышенными по сравнению с результатами совместного моделирования. Это подтверждает также гипотезу о необходимости учета волнового потока импульса при исследовании волнового пограничного слоя. Существующие модели, изучающие пограничный слой над водной поверхностью, как правило, не учитывают разделение общего потока импульса на волновую и турбулентную составляющую, следовательно, не учитывается и отклонение профиля скорости ветра от логарифмического распределения, примененного при описании пограничного слоя атмосферы. Проиллюстрированные результаты экспериментов демонстрируют, что профиль скорости ветра с учетом вклада волнового потока импульса существенно отличается от логарифмического, причем с увеличением скорости на верхней границе ВПС такие отличия становятся все более значимыми, достигая вблизи поверхности разницы в 40–50 %. Подобные отклонения проявляются при всех заданных значениях обратного возраста волны. Можно полагать, что включение в прогностические волновые модели параметризаций волновых потоков импульса может улучшить качество прогноза ветрового волнения.

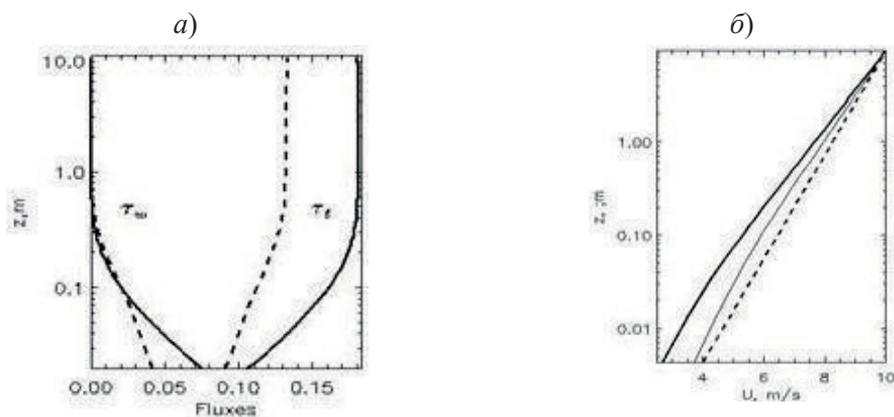


Рис. 4. Результаты расчета по совместной модели ветровых волн и волнового пограничного слоя: *а* – профили турбулентного  $\tau_t$  и волнового  $\tau_w$  потоков импульса для  $U_{10}=10$  м/с (сплошные кривые – модель ВПС, пунктирные – совместная модель при возрасте волн  $\Omega_0=8$ ; *б* – профили скорости ветра для  $U_{10}=10$  м/с (толстые сплошные кривые – модель ВПС, тонкие сплошные кривые – совместная модель, пунктирные кривые – совместная модель без учета волнового потока импульса (ВПИ) при возрасте волн  $\Omega_0=8$

## 2. Океанические биогеохимические процессы

Одно из основных направлений работ Лаборатории моделирования океанских биогеохимических циклов в 2022 г. приведено ниже.

Актуальная задача современной лимнологии – диагноз и долгосрочное прогнозирование состояния водных экосистем крупных озер для планирования

экономической деятельности, рационального использования и охраны внутренних водоёмов. При наличии многих пользователей ресурсов крупных озёр, таких как энергетика, водный транспорт, питьевое и промышленное водоснабжение, биоресурсы, рекреация, принятие управленческих решений должно быть основано в основе современной системы управления водными ресурсами. Современные системы управления ресурсами крупных озёр должны быть основаны на математических моделях, которые позволяют проводить оценку текущего состояния экосистемы и прогнозировать её будущее при различных социо-экономических сценариях в условиях изменений климата.

Для решения задач, связанных с диагнозом и прогнозом состояния экосистемы Онежского озера, была разработана трехмерная эко-гидродинамическая модель, учитывающая процессы, протекающие как в водной среде, так и в донных отложениях. В качестве подмодели биогеохимических циклов использовалась модель, разработанная и успешно применявшаяся для Балтийского моря. В качестве гидродинамической основы модели была использована модель Массачусетского технологического института MITgcm. Модель использовалась для реконструкции динамики экосистемы Онежского озера за три десятилетия (1985–2015 гг.) на сетке с горизонтальным шагом 2×2 км. Одним из важнейших показателей, отражающих состояние экосистемы водоёма, является первичная продукция. Сравнение с доступными данными натурных наблюдений первичной продукции (рис. 5) показывает, что модель достаточно хорошо воспроизводит динамику экосистемы Онежского озера.

Пространственная неоднородность первичной продукции и биомассы фитопланктона в сезонной изменчивости хорошо видна при сравнении среднемноголетнего сезонного цикла для открытых районов и губ Онежского озера (рис. 6 з, д). На рисунке хорошо видно, что в центральном и южном лимнических районах озера наблюдается ярко выраженный весенний максимум, летняя фаза и незначительный осенний пик цветения, связанный с началом осеннего конвекционного перемешивания. В отличие от открытых районов в Петрозаводской губе наблюдаются два практически равных по величине пика первичной продукции в конце мая и в конце июля, при этом второго ярко выраженного пика в биомассе не наблюдается. Это говорит о том, что летний пик первичной продукции обусловлен развитием летних видов фитопланктона, который дает незначительный вклад в общую биомассу. Аналогичная сезонная изменчивость наблюдается и в Кондопожской губе, но с тем отличием, что по сравнению с Петрозаводской губой осенний пик цветения сдвинут на середину сентября. Полученный результат хорошо согласуется с представлениями в фенологии первично-продукционного процесса в Онежском озере, описанного на основе данных натурных наблюдений [6].

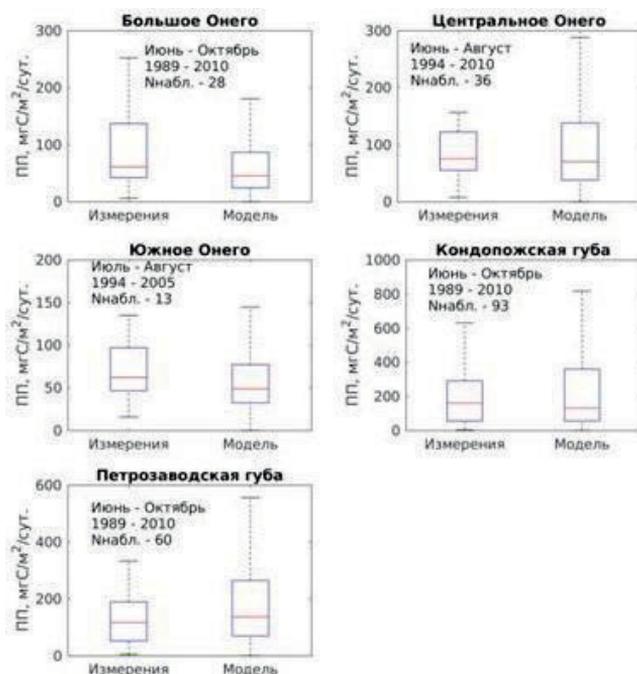


Рис. 5. Сопоставление результатов моделирования первичной продукции с данными натуральных наблюдений в различных лимнических районах Онежского озера

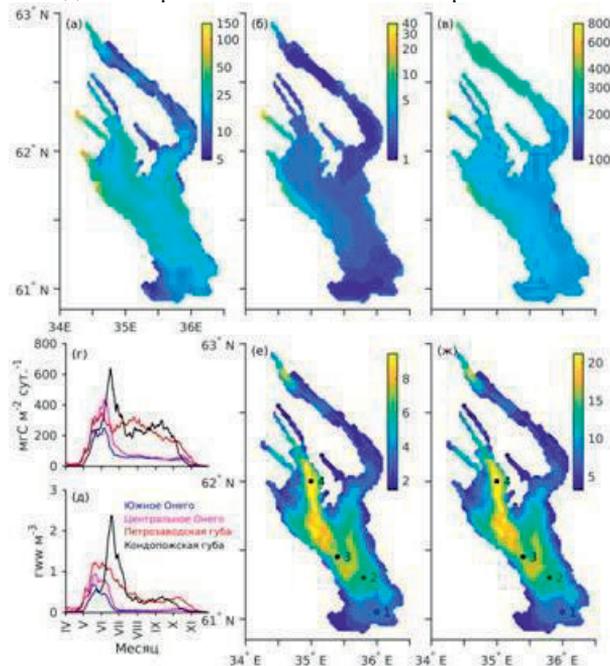


Рис. 6. Осредненное за период 1985–2015 гг. распределение годовой первичной продукции,  $\text{гC}/\text{м}^2/\text{год}$  (а), содержание фосфора,  $\text{мг}/\text{м}^3$  (б) и азота,  $\text{мг}/\text{м}^3$  (в) в период максимального накопления в зимний период, средней сезонный ход первичной продукции (z) и биомассы фитопланктона (д) в различных районах Онежского озера и содержание в донных отложениях фосфора,  $\text{мгP}/\text{м}^2$  (е) и азота,  $\text{мгN}/\text{м}^2$  (ж)

Анализ численных экспериментов, выполненных на разработанной модели, подтвердил наличие мощного весеннего цветения диатомовых водорослей, предполагавшееся в опубликованной ранее фенологической схеме, основанной на данных натуральных наблюдений. Начало весеннего цветения определяется увеличением светового потока в условиях обратной стратификации и впоследствии поддерживается весенней конвекцией, характерной для пресноводных водоёмов.

Полученные количественные оценки баланса фосфора и азота, основанные на результатах моделирования, показывают, что вклад весеннего цветения в формирование годовой продукции Онежского озера составляет около 50 % от годовой продукции, которая, в свою очередь, равна 176 232 тоннам углерода в год. Интенсивность внутреннего круговорота фосфора и азота значительно превышает обмен через внешние границы системы. Время лимнического оборота, определяемого внешними воздействиями, составляет 3,2 года для фосфора и 12,4 года для азота. Время оборота в системе «водная колонка – донные отложения» составляет 47 лет для фосфора и 17 лет для азота. Более короткое время оборота азота объясняется денитрификацией донных отложений, часто игнорируемой в лимнологических исследованиях других крупных озер.

Основываясь на результатах верификации, можно сделать вывод о том, что разработанная модель может быть использована для проведения оценок будущего состояния Онежского озера при различных сценариях социо-экономического развития региона в условиях меняющегося климата.

### **3. Оптика океана и атмосферы**

На протяжении последнего времени одной из основных задач в Лаборатории оптики океана и атмосферы была обработка накопленных массивов экспериментальных данных, а именно данных лидарного зондирования морских акваторий. Цель обработки серии лидарных эхо-сигналов – поиск и определение параметров квазипериодических процессов, обусловленных распространением короткопериодных внутренних волн. Необходимо зарегистрировать наличие квазипериодических структур, определить период, амплитуду, количество колебаний в волновом пакете и время его прихода.

Для комплексной обработки данных лидарной съемки использовались три метода: аппроксимационный метод, метод вейвлет-анализа и метод Гильберта-Хуанга. Каждый из них основан на анализе формы спада эхо-сигнала и её изменения в серии зондирований. В работе [7] показана эффективность применения аппроксимационного метода при обработке сигналов лидарного зондирования толщи морской воды с двухслойной стратификацией гидрооптических характеристик. Суть

метода заключается в выделении участков спада эхо-сигнала и подборе для них параметров аналитической функции аппроксимации, вид которой следует из лидарного уравнения [8]. Найденное таким образом положение границ слоев соответствует положению пикноклина. Положение границ между слоями под воздействием разных гидрофизических факторов меняется со временем. Обработка массива данных лидарного зондирования позволяет дистанционно регистрировать эти изменения.

Достоинством данного метода является возможность получения наглядной картины вертикальных смещений положения границ между слоями, приуроченными к положению термоклина, позволяющей оценить период, амплитуду, количество колебаний в цуге и время регистрации квазипериодических структур. В настоящее время метод является довольно трудоемким, поскольку существующая программа обработки требует участия оператора для анализа каждого эхо-сигнала.

Два других использованных в работе метода основаны на спектральном анализе изменения амплитуд эхо-сигналов с фиксированной глубины, несущей информацию о значении коэффициента обратного рассеяния. В этом случае анализ данных лидарного зондирования представляет собой задачу поиска квазипериодических изменений амплитуды сигнала обратного рассеяния на заданных горизонтах.

На рисунках 7–9 показаны примеры результата комплексной обработки данных лидарного зондирования на одном из галсов, выполненных в акватории Черного моря с борта судна.

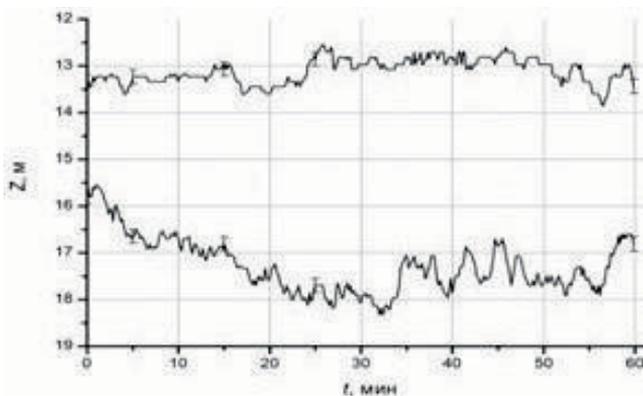


Рис. 7. Положение верхней и нижней границ промежуточного слоя, полученные в результате обработки данных лидарной съемки на галсе №1 аппроксимационным методом

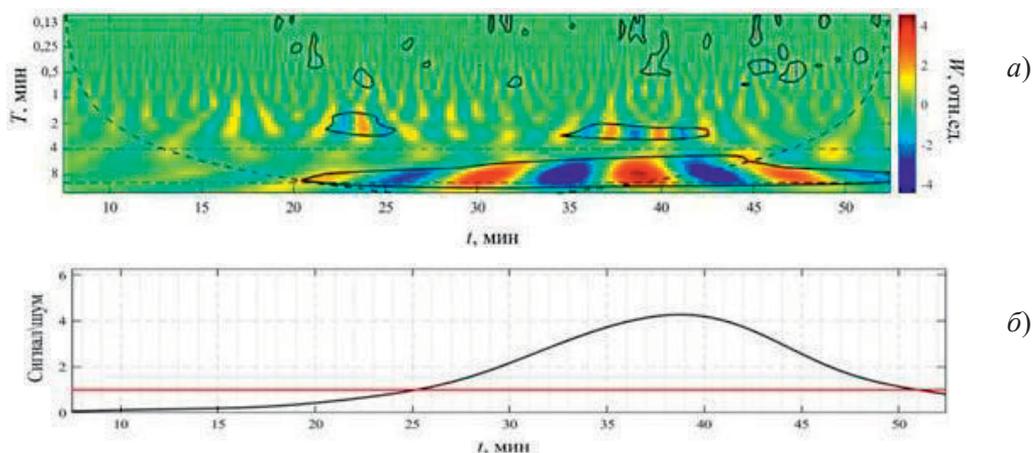


Рис. 8. Результат обработки данных галса №1 с фиксированной глубины 17 м с помощью вейвлет-анализа: *a* – амплитуды коэффициентов вейвлет-преобразования, *б* – усредненная по временным масштабам мощность вейвлет-спектра, нормированная на 95 %-й уровень значимости по отношению к фоновому красному шуму

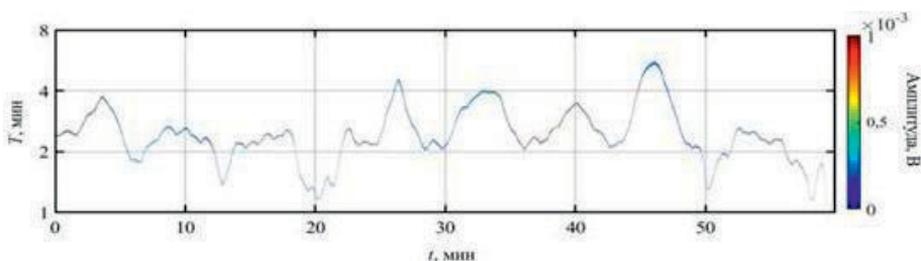


Рис. 9. Вид внутренней модовой функции, характеризуемой периодами от 1 до 8 мин, полученной при обработке распределения амплитуд эхо-сигналов с глубины 17 м на галсе № 1 методом Гильберта-Хуанга

Результаты, полученные с использованием спектральных методов, а именно период и локализация квазипериодических структур на галсе, для всех обработанных галсов достаточно хорошо согласуются между собой и с результатом, полученным аппроксимационным методом. Некоторые расхождения в положении и периодах выделенных колебаний обусловлены нестрогой периодичностью и малым количеством периодов, затрудняющих спектральный анализ.

Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки. Наиболее наглядным является аппроксимационный метод, позволяющий получить картину вертикальных смещений областей с резкими градиентами показателя ослабления, приуроченных к слою скачка плотности. Преимущество примененных спектральных методов – вейвлет-анализа и преобразования Гильберта-Хуанга – возможность

быстрой обработки большого массива данных, позволяющая определить период и локализацию квазипериодических процессов.

В настоящее время в аппроксимационном методе используется метод экспертной оценки, что делает его применение весьма трудоемким. Поэтому при обработке больших массивов данных целесообразно на первом этапе проводить быструю обработку автоматизированными спектральными методами, а детальную обработку аппроксимационным методом проводить только для тех участков съемки, на которых выявлены квазипериодические процессы. Такой подход позволяет относительно быстро получить наиболее полную информацию.

#### **4. Геофизические пограничные слои**

В 2022 г. основные направления работ Лаборатории включали:

- анализ характеристик короткопериодных внутренних волн и малых вихрей на принципиально различных шельфах приливных морей;
- оценку корректности использования математических конструкций в физических моделях;
- исследование условий стабильности и фазового превращения газовых гидратов в пористых осадках при отрицательных температурах;
- совершенствование методик обработки данных дистанционных и контактных наблюдений;
- оценку изменчивости физико-географических характеристик фронтальных зон арктических морей в условиях современного меняющегося климата.

Наиболее важные результаты были достигнуты в части решения проблемы развития представлений о поле короткопериодных внутренних (КВВ) волн в Мировом океане. Разработан метод количественной оценки вклада различных механизмов в генерацию КВВ, основанный на комплексном анализе данных спутниковых наблюдений с привлечением контактных измерений и приливной модели.

На рисунке 10 показана блок-схема разработанного метода оценки вклада различных механизмов в генерацию КВВ.

На основе применения данной методики в Баренцевом море и Курило-Камчатском регионе Тихого океана были выделены ранее не описанные районы частой встречаемости КВВ. Показано, что в Баренцевом море до 64 % проявлений КВВ в месяц находится в очагах генерации полусуточных внутренних приливных волн (ВПВ), а в Курило-Камчатского регионе до 70 % проявлений КВВ в месяц находится в очагах генерации суточных ВПВ. То есть в исследуемых регионах доминирует механизм генерации КВВ при локальной дезинтеграции полусуточных и суточных субинерциальных ВПВ.



Рис. 10. Блок-схема метода количественной оценки вклада различных механизмов в генерацию КВВ

Вне очагов генерации ВПВ на акватории прибрежных районов Тихого океана от мыса Лопатка до мыса Опасный до 78 % КВВ в месяц генерируются при взаимодействии мезомасштабных вихревых структур с сезонным пикноклином.

На рисунке 11 продемонстрирован случай регистрации проявлений КВВ в области мезомасштабной вихревой структуры и фронтальной зоны 21 июня.

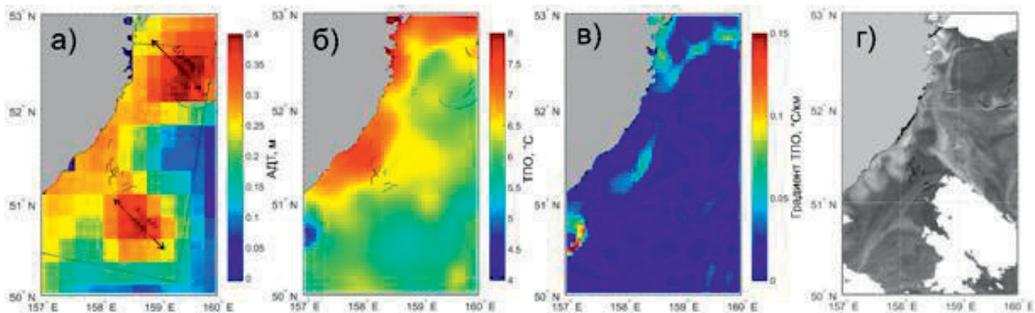


Рис. 11. Композитные карты положений проявлений КВВ с полями: *a* – абсолютной динамической топографии; *б* – ТПО; *в* – градиента ТПО; *г* – яркости зеленого канала спутникового изображения Suomi NPP. Жирной линией показана область наибольшего количества мезомасштабных вихрей в месяц

## Литература

1. Каган Б.А., Тимофеев А.А. Определение диссипации бароклинной приливной энергии и связанного с ней коэффициента диапикнической диффузии как

первый шаг оценивания роли приливных эффектов в формировании климатических характеристик моря Лаптевых // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2020. Т. 13, № 4. С. 39–49. doi:10.7868/S2073667320040048.

2. *Каган Б.А., Софьина Е.В.* Влияние приливного диапикнического перемешивания на климатические характеристики моря Лаптевых в безледный период // *Морской гидрофизический журнал*. 2022. Т. 38, № 2. С. 218–234. doi:10.22449/0233-7584-2022-2-218-234.

3. *Chalikov D.* A 2D Model for 3D Periodic Deep-Water Waves // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2022. 10 (3). P 410. doi.org/10.3390/jmse10030410

4. *Чаликов Д.В.* Различные подходы к моделированию морских волн // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2022. Т. 15, № 1. С. 19–32. doi:10.48612/fpg/uldf-m1x7-1bxg.

5. *Фокина К.В., Булгаков К.Ю.* Совместное моделирование ветровых волн и волнового пограничного слоя // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2022. Т. 15, № 1. С. 73–81. doi:10.48612/fpg/4pg1-agtu-u56k.

6. *Теканова Е.В., Сярки М.Т.* Особенности фенологии первично-продукционного процесса в пелагиали Онежского озера // *Известия Российской Академии Наук. Серия биологическая*. 2015. № 6.

7. *Глухов В.А., Гольдин Ю.А., Родионов М.А.* Лидарный метод регистрации внутренних волн в водах с двухслойной стратификацией гидрооптических характеристик // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2021. Т. 14. № 3. С. 86–97. doi:10.7868/S2073667321030084.

8. *Vasilkov A.P., Goldin Yu.A., Gureev B.A., Hoge F.E., Swift R.N., Wright C.W.* Airborne polarized lidar detection of scattering layers in the ocean. *Applied Optics*. 2001. Vol. 40. N. 24. P. 4353–4364. doi:10.1364/AO.40.004353.

## Главные результаты Института геологии и геохронологии докембрия РАН за 2021-2022 годы

*А.Б. Кузнецов, Т.С. Зайцева, Ю.М. Лебедева*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохронологии докембрия Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Набережная Макарова, дом 2

Институт геологии и геохронологии докембрия Российской Академии наук (ИГГД РАН) ведет свое начало от Лаборатории геологии докембрия Академии наук (ЛАГЕД АН СССР), созданной в 1950 г. В то время это было единственное в мире научное учреждение по исследованию древних геологических пород докембрийской эры. В 1967 г. ЛАГЕД была преобразована в ИГГД РАН с сохранением научной школы. Уникальность учреждения состояла в том, что ЛАГЕД-ИГГД объединил два научных направления: геологию-петрологию и радиохимию. Петрологический отдел изучал породы и минералы, образовавшихся в условиях высоких температур и давлений в присутствии флюидов. Радиохимический отдел занимался разработкой методов геохронологии – методов определения возраста пород и минералов. Сочетание этих дисциплин дало синергетический эффект, который позволил учреждению стать колыбелью отечественной геохронологии и изотопной геологии. В настоящее время ИГГД РАН выполняет фундаментальные, поисковые и прикладные исследования, направленные на получение новых знаний о вещественной, изотопно-геохимической, биостратиграфической и геодинамической эволюции земной коры на самых ранних и поздних стадиях развития Земли, а также о преобразовании внеземного, мантийного, рудогенного и осадочного вещества.

В 2022 г. и второй половине 2021 г. коллективами восьми лабораторий института проведены исследования по различным научным направлениям, как в рамках государственного задания института, так и по проектам, финансируемым РФН и РФФИ. Проведено моделирование параметров метаморфических и метасоматических процессов при высоких и сверхвысоких  $P$ T, соответствующих разным глубинам литосферы и разным количествам флюида. Реконструированы условия метаморфического преобразования гранатовых гнейсов Мейрской зоны и мраморов Рускеалы в Северном Приладожье. Определены  $C$ - и  $Sr$ -изотопные характеристики свекофенского океана. Разработаны новые методы определения возраста высокоурановых цирконов из магматических комплексов. Установлен возраст формирования слюдоносных пегматитов крупнейшего Мамского месторождения слюды в Восточной Сибири. Выделено три этапа извержений базальтов (конец мезозоя – палеоген) в Восточной Монголии и определен глубинный

источник вулканических расплавов. Получены доказательства, что 900-600 млн. лет назад обломочный материал со Свеко-Норвежских гор и гранитов-рапакиви Фенноскандии был перенесен в сторону современного Южного Урала на расстояние 4–5 тыс. км. Выделено 6 ассоциаций ископаемых макро- и микроорганизмов (скв. Северо-Полоцкая, Беларусь), имеющих потенциал для прослеживания границы докембрий-кембрий. На примере метеорита Орловка установлено отсутствие гомогенизации летучих элементов, что исключает гипотезу прямой конденсации хондритов из протопланетного газовой-пылевого облака.

**Лаборатория флюидных процессов.** Метаморфические и метасоматические преобразования пород развиваются при фильтрации флюида вдоль температурного градиента теплового поля, создаваемого магматическими очагами и глубинными тепловыми потоками. При фильтрации во флюиде происходят разнообразные процессы диссоциации кислот и оснований, смещения равновесий гидролиза, изменения растворимости минералов, контролирующие характер метасоматоза и рудообразования. Для выявления связи между свойствами теплового поля, геохимическими характеристиками флюидного потока и продуктами метасоматического петрогенезиса сделана попытка объединения тепловой и физико-химической моделей взаимодействия флюид-порода [1].

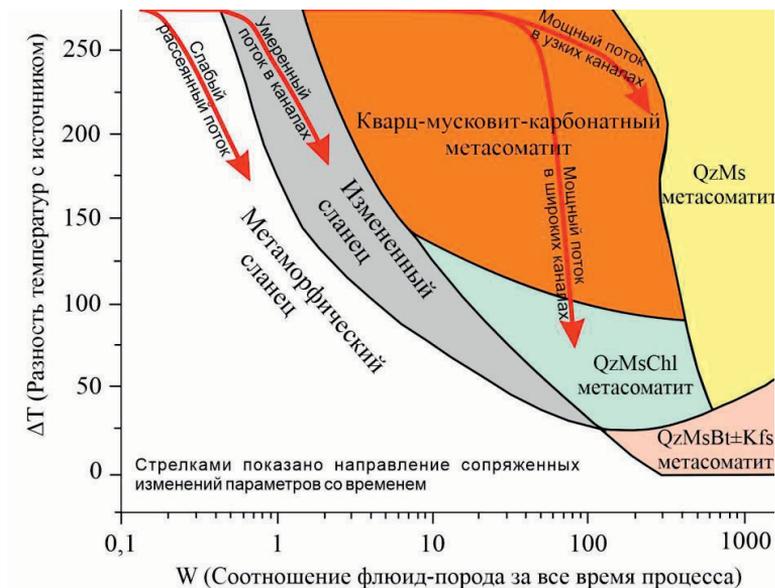


Рис. 1. Величины флюидного потока и теплового поля при образовании потенциально золоторудных кварц-мусковит-карбонатных метасоматических пород и ассоциирующих с ними метасоматитов

Представлены численные модели метасоматических процессов при сопряженном переносе тепла и растворенного вещества в режиме фронтального и



Выявлен и количественно охарактеризован феномен появления избыточного давления при преобразовании пород в мощной Мейрской сдвиговой тектонической зоне на территории Северного Приладожья. При надвигании аллохтонного высокотемпературного блока свекофеннид на автохтонный блок окраины Карельского кратона выявленный добавочный компрессионный эффект фиксируется по наиболее богатым кальцием гранатам в парагенезисе с плагиоклазом и слюдами. Оцененное давление минералообразования достигает 8–9 кбар, что превышает давление в окружающих породах на 2–3 кбар (рис. 2б). Таким образом, тектоническая нагрузка обеспечила добавочное давление минералообразования в сдвиговой зоне, эквивалентное погружению пород на 6–8 км [2].

**Лаборатория Изотопной геологии.** Разработаны новые методические подходы к U-Pb (ID TIMS) датированию высокоуранового метамиктизированного циркона (рис. 3), которые позволяют получать ранее недоступную информацию о возрасте магматических комплексов, с которыми связаны месторождения стратегического сырья и соответственно открывают новые перспективы прогноза минеральных ресурсов [3; 4].

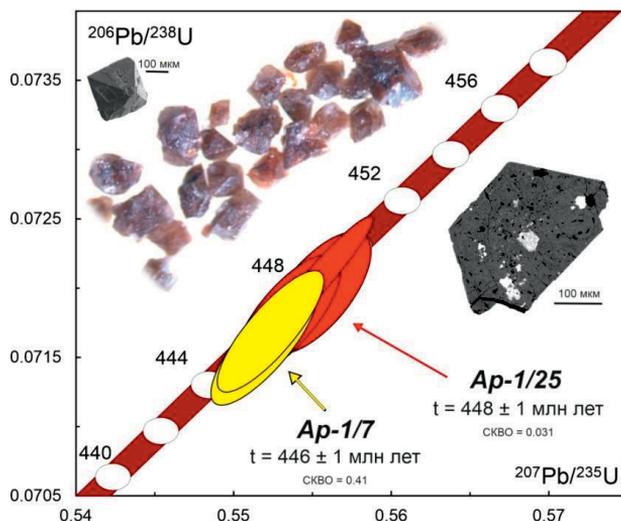


Рис. 3. Диаграмма с конкордией для изученных образцов митамиктного циркона

**Лаборатория изотопной хемостратиграфии и геохронологии осадочных пород.** Кальцитовые и доломитовые мраморы представляют собой метаморфизованные карбонатные осадки, свидетельствующие о присутствии океана в далеком прошлом. Карьер Рускеала с находится рядом с г. Сортавала и является старейшим местом добычи облицовочных мраморов в Северном Приладожье. Благодаря высокому декоративному качеству, рускеальские мрамора широко использовались в архитектуре и отделке интерьеров Петербурга с середины

XVII века. Комплексное петрологическое и изотопно-геохимическое изучение мраморов Рускеала (сортавальская серия) в Раахе-Ладожской зоне Карелии доказало, что кальцитовые и доломитовые мраморы даже в условиях среднетемпературной амфиболитовой фации (550–600°C, ~3–5 кбар) сохраняют потенциал для реконструкции  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  и  $\delta^{13}\text{C}$  изотопных характеристик докембрийского океана [5].

Первичные карбонатные осадки, из которых сформировались мраморы Рускеала, отлагались в древнем свекофенском океане около 2 млрд. лет назад. Впервые восстановленное отношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в свекофенском океане (0,70463–0,70493) показывает резкое увеличение доли радиогенного  $^{87}\text{Sr}$  в ответ на прирост континентальной коры 2 млрд. лет назад (рис. 4). Величина  $\delta^{13}\text{C}$  (+1,2 ± 1,0 ‰) в мраморах Рускеала фиксирует начало C-изотопного стазиса в океане после лomagунди-ятулийской углеродной аномалии, вызванной крупной биосферной перестройкой [5; 6].

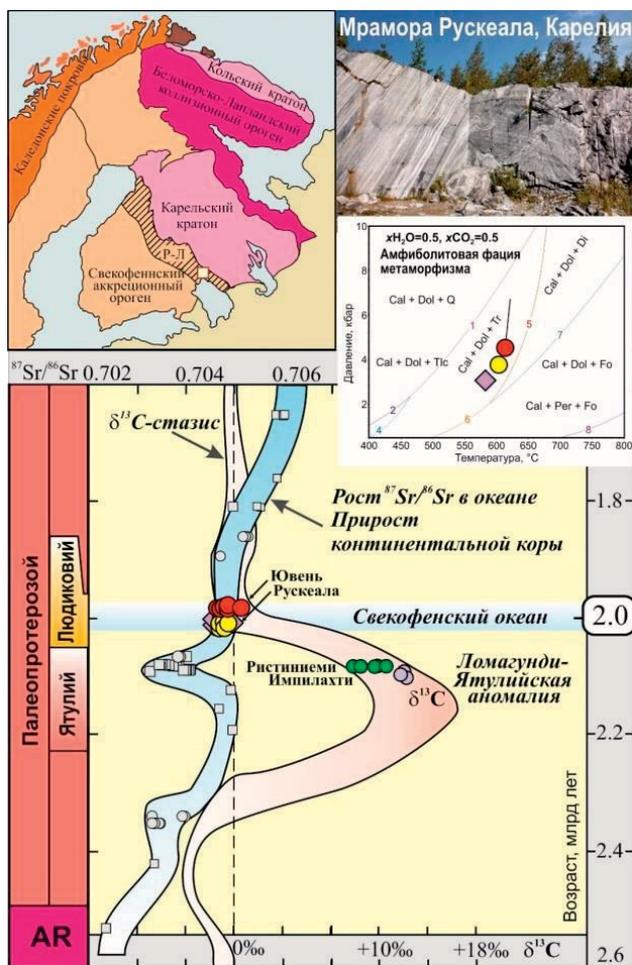


Рис. 4. Значения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  и  $\delta^{13}\text{C}$  в мраморах сортавальской серии (Рускеала, Ювень, Ристиниеми и Импилахти) Карелии на фоне вековых вариаций этих параметров в докембрийском океане. Положение района работ в Раахе-Ладожская зона южной Карелии и полибарические  $P$ – $T$  диаграммы для силикатно-карбонатных пород в системе  $\text{CMASH-CO}_2$  с избытком кальцита и доломита над кремнеземом

## Лаборатории Металлогении и рудогенеза и Изотопной геологии.

Слюдоносные пегматиты и пегматоидные граниты имеют ключевое значение для реконструкции завершающих этапов геологической истории докембрийских складчатых поясов. В Байкальской горной области находится Мамская слюдоносная провинция – одна из крупнейших в мире по объёму извлеченного листового мусковита. Промышленные запасы составляют 80% от разведанных в России.

Впервые определен U-Pb возраст циркона из секущих плагиоклазовых и двуполевошпатовых пегматитов, что позволяет выделить два этапа структурно-метаморфической активизации в Мамской зоне – 388 и 333 млн. лет назад (рис. 6). Установленный масштабный разрыв во времени между этапами пегматитообразования (55 млн. лет) раскрывает металлогенический потенциал палеозойских внутриплитных тектонических событий, проявленных в Байкальском геоблоке на окраине Сибирского кратона [3].

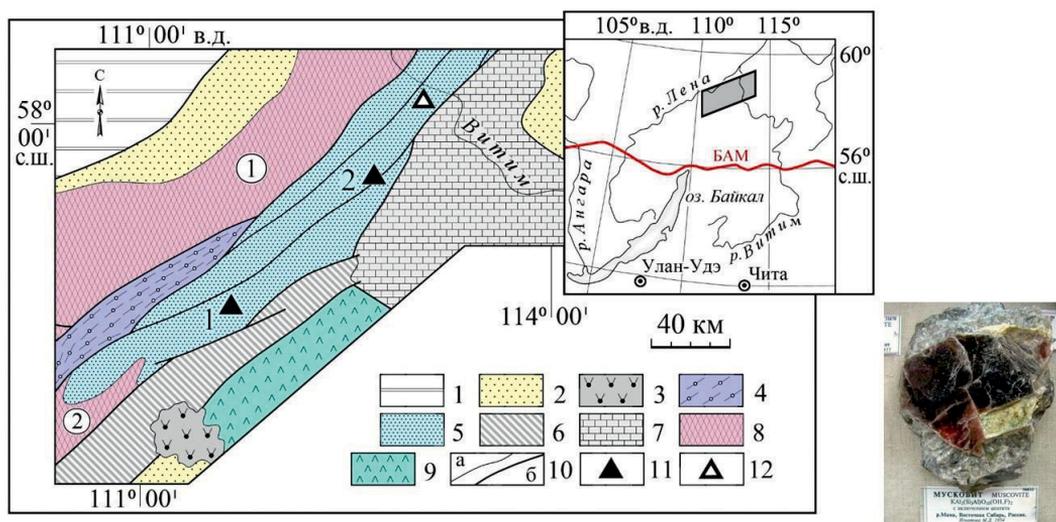


Рис. 5. Схема тектонического районирования Северо-Байкальского нагорья и местоположения изученных слюдоносных пегматитов (на врезке район Мамской зоны). 1 – Сибирская платформа; 2 – отложения эдиакария; 3 – Сыннырский щелочной массив; Тектонические зоны Байкало-Патомского пояса (4 – 7): 4 – Минья-Кутимская; 5 – Мамская; 6 – Олокитская; 7 – Тамаракская; 8 – Чуйский (1) и Кутимский (2) выступы фундамента кратона; 9 – Байкало-Витимский вулcano-плутонический пояс; 10 – геологические границы (а) и тектонические швы (б); 11 – местоположение пегматитовых полей с изученными пегматитами (1 – Мочикитское, 2 – Слюдянское); 12 – Колотовское

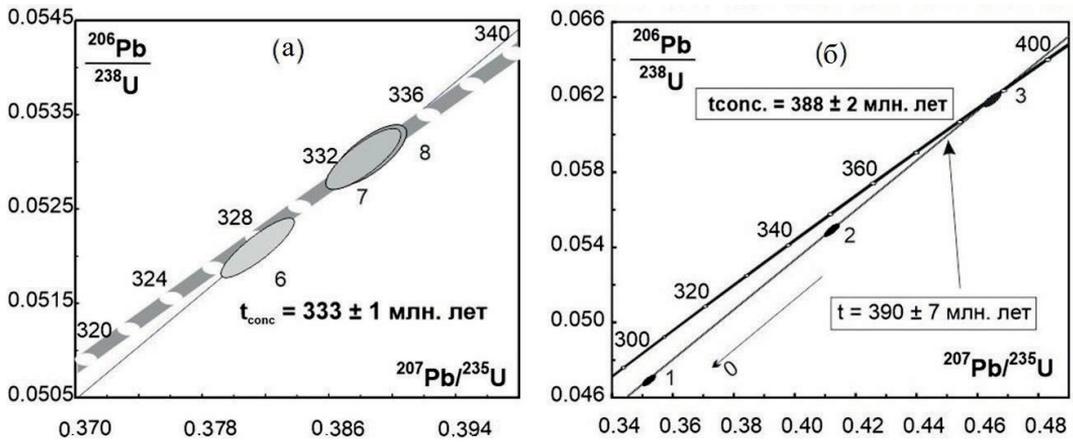


Рис. 6. Диаграммы с конкордией и U-Pb возраст. (а) – для плагиоклазовых пегматитов; (б) – для двуполевошпатовых пегматитов

**Лаборатория изотопной хемотратиграфии и геохронологии осадочных пород.** Обломочные цирконы в песчаниках и осадках традиционно привлекаются для определения состава размываемых пород и поиска их источников. Морфологические особенности зерен циркона из песчаников позднего докембрия Южного Урала показали, что в области размыва 1,70–0,54 млрд. лет назад преобладали преимущественно местные комплексы пород – протоуральские и прилегавшей Волго-Уральской области. Этот вывод был справедлив для отложений раннего и среднего рифея Южного Урала. Однако наиболее спорным оказался интервал позднего рифея и венда (1,00–0,54 млрд. лет назад).

Определен U-Pb возраст (LA-ICP-MS) обломочного циркона из известняков укской свиты, слагающей верхний горизонт стратотипа верхнего рифея на Южном Урале [7]. Анализ новых и полученных ранее данных показал, что ближайшие породы фундамента Волго-Уральской области, имеющие архейский и раннепротерозойский возраст, поставляли только половину зерен обломочного циркона. Магматические комплексы Урала (бердяшский, рябиновский, губенский и ахмеровский) с возрастом 1,35–1,40 млрд. лет поставляли менее 10 % зерен. Преобладающим источником обломочного циркона в позднерифейское время были породы гренвилевского Свеконорвежского орогена (1,13–1,16 млрд. лет) и граниты-рапакиви Фенноскандии (1,44–1,56 млрд. лет). Полученные данные допускают существование панконтинентальной реки, переносившей в позднем докембрии обломочный материал на 4 000–5 000 км с одного края Восточно-Европейской платформы на противоположный (рис. 7).

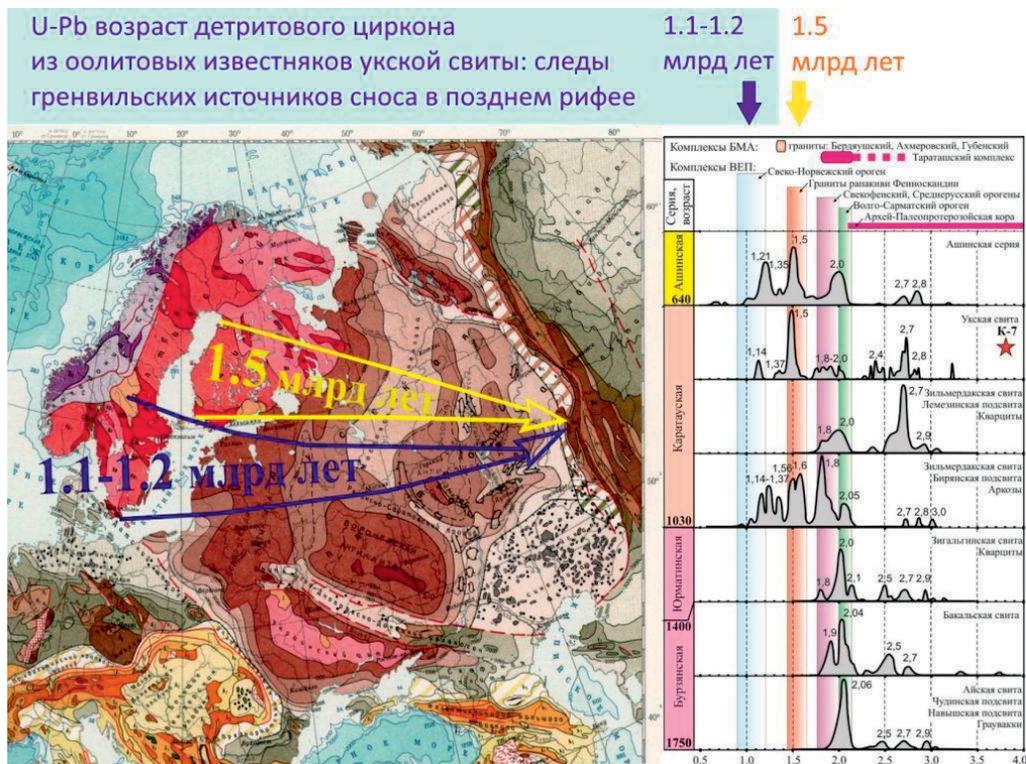


Рис. 7. Направление сноса обломков циркона из гренвильской и свекофенской провинций на восточный край Восточно-Европейской платформы в позднем рифее и венде (неопротерозое). Справа графики плотности распределения U-Pb возрастов детритового циркона из отложений рифея и венда Башкирского мегантиклинория Южного Урала

**Лаборатория геохронологии и геохимии изотопов.** Получены новые данные о возрасте, химическом составе и изотопных (Sr, Nd и Pb) характеристиках вулканических пород Восточной Монголии. Впервые в пределах региона выделено три последовательных этапа извержений, проявивших себя в позднем мезозое и раннем кайнозое (рис. 8). Каждый этап имел особые структурные и вещественные характеристики. В раннемеловую эпоху (135–100 млн. лет) изливались базальты щелочной и высококальциевой известково-щелочной серий. В начале позднемеловой эпохи (104–90 млн. лет) на восточном фланге области формировались щелочные и Na-K базальтоиды, а в конце позднего мела и раннем палеогене (87–51 млн. лет) на западном фланге области – Na-K базальтоиды (базаниты). Новые Sr, Nd и Pb изотопные данные вместе результатами термодинамического моделирования процессов плавления и эволюции магм свидетельствуют о том, что источником вулканических расплавов для базальтов было глубинное мантийное вещество, отвечающее нескольким типам пород [8].

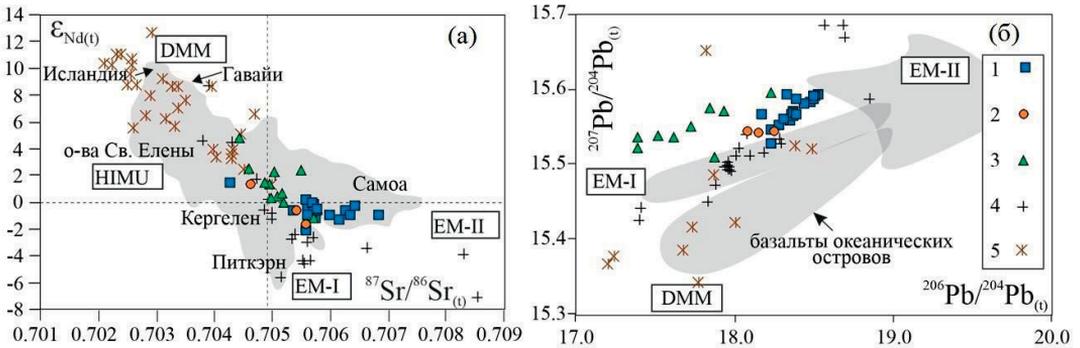
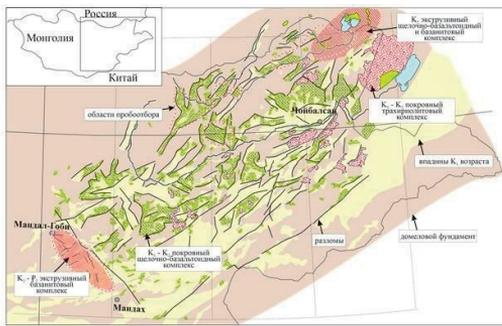


Рис. 8. Схема строения вулканической области Восточной Монголии. Врезка (а) и (б) – диаграммы в координатах  $\epsilon_{Nd}(t)$ – $^{87}Sr/^{86}Sr(i)$  и  $^{207}Pb/^{204}Pb(i)$ – $^{206}Pb/^{204}Pb(i)$ . 1 –  $K_1$ – $K_2$  вулканы покровного щелочно-базальтоидного комплекса, 2 –  $K_2$  вулканы экструзивного щелочно-базальтоидного и базанитового комплекса, 3 –  $K_2$ – $P_2$  вулканы экструзивного базанитового комплекса, 4 – ксенолиты нижнекоровых гранулитов Монголии, 5 – ксенолиты мантийных зерцолитов Монголии

### Лаборатория литологии и биостратиграфии.

Палеонтологические исследования, направленные на поиск единых критериев для обоснования границы докембрия–кембрия имеют особое значение. Одним из критериев положения этой границы являются микро- и макроскопические ископаемые организмы, которые сохраняются в древних отложениях.

Изучение ископаемых организмов из венд-кембрийских отложений новой скважины Северо-Полоцкая, пробуренной в 2019 г. на севере Беларуси, позволило выделить 6 палеонтологических ассоциаций микро- и макроскопических ископаемых организмов (Рис. 9). Они образуют единую непрерывную последовательность смены редкинской (580–559 млн. лет), котлинской (559–540 млн. лет), ровенско-лонтоваской (559–540 млн. лет) и лонтоваской (540–529 млн. лет) ассоциаций ископаемых организмов [9]. Эти находки позволяют рассматривать разрез, вскрытый скв. Северо-Полоцкая в качестве опорной для центральных районов Восточно-Европейской платформы. Кроме того, в составе пятой ассоциации были обнаружены новые трубчатые спиралевидные формы микрофоссилий *Tubula tortusa* Golubkova, Kushim, Kuzmenkova et Laptsevich, типичные для раннего кембрия [10].

Полученные данные (рис. 9) существенно дополняют палеонтологическую характеристику переходных отложений венда-кембрия и могут быть использованы в палеофациальных построениях, а также при разработке единой Региональной стратиграфической схемы Восточно-Европейской платформы и для сопредельных территорий России и Беларуси [9, 10].

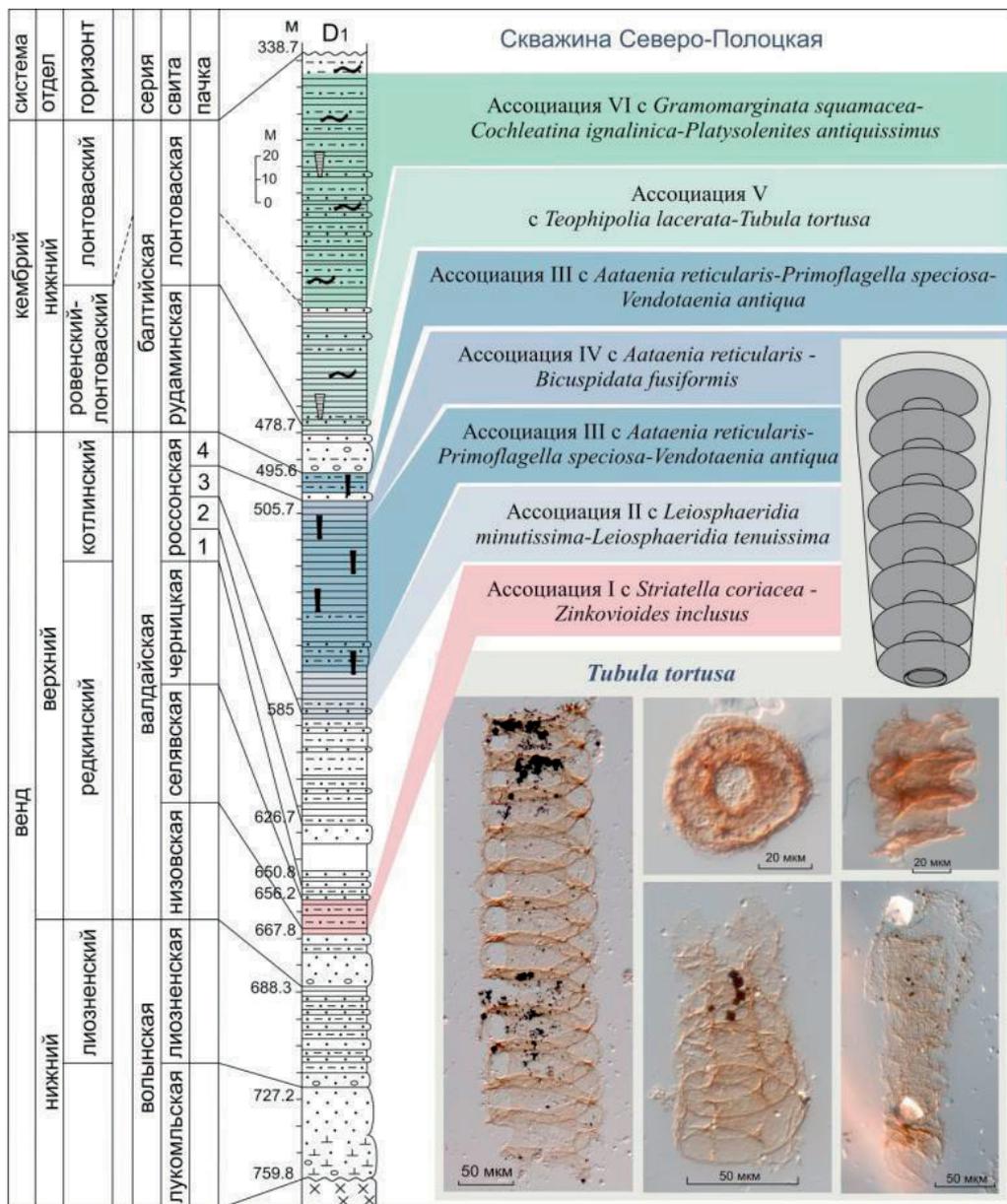


Рис. 9. Положение ассоциаций ископаемых организмов в разрезе скв. Северо-Полоцкая и их фотоизображение

**Лаборатория геологии и геодинамики.** Равновесные обыкновенные хондриты, являются наиболее распространенным типом метеоритов и используются для исследования условий образования первичного вещества на ранних этапах становления Солнечной системы.

Метеорит Орловка – один из крупнейших экземпляров равновесного обыкновенного хондрита, обнаруженных в Западной Сибири. Его вес составляет 40,5 кг, а первоначальный размер 21×30×37 см. В метеорите Орловка обнаружена порфирировая хондра, оливин и плагиоклаз которой обогащены редкими элементами относительно других минералов метеорита, а также хондр неравновесных обыкновенных и углистых хондритов. Исследование особенностей распределения редких элементов в оливине и плагиоклазе порфирировых хондр Орловка (рис. 10) показало отсутствие признаков гомогенизации рефракторных и умеренно летучих элементов в результате термального метаморфизма на родительских телах хондритов.

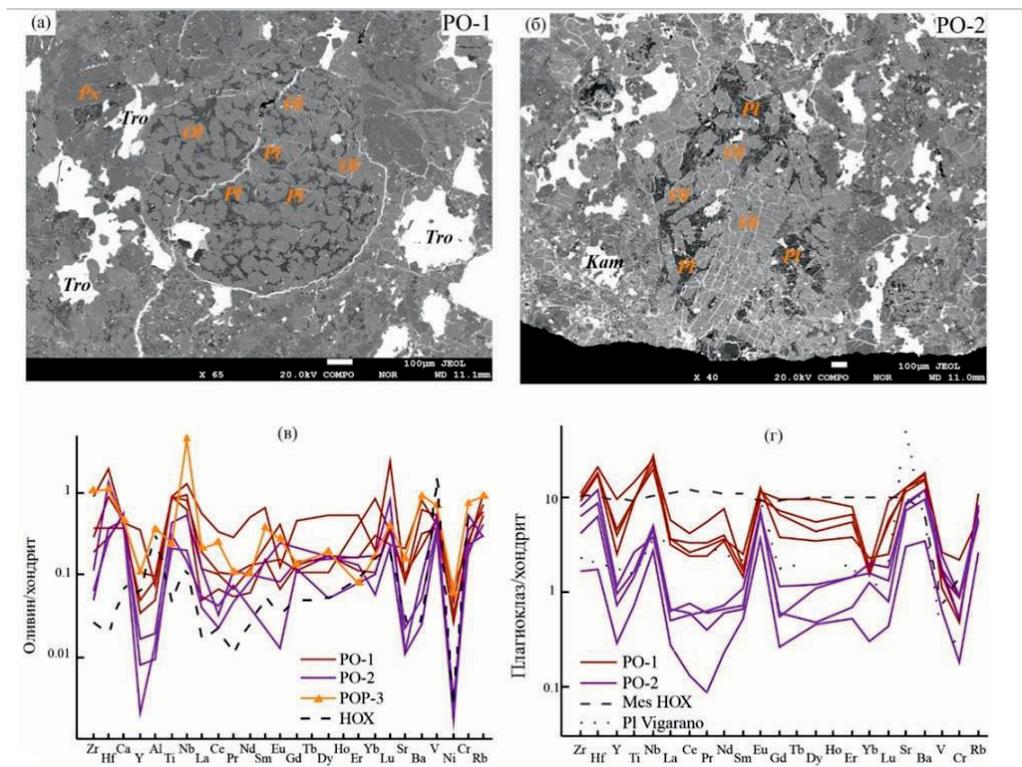


Рис. 10. Фотографии и минеральный состав хондр PO-1 (а), PO-2 (б) метеорита Орловка в обратно-отраженных электронах. Ol – оливин, Px – пироксен, Pl – плагиоклаз, Tro – троилит, Kam – камасит. Содержание редких элементов в оливине (в) и плагиоклазе (г) хондр метеорита Орловка, нормированные к CI хондриту. HOX – неравновесные обыкновенные хондриты. Mes – мезостазис

Сосуществование геохимически различных хондр в теле одного метеорита согласуется с гипотезой о появлении расплава хондр в результате плавления минералов-предшественников (САИ и АОА включения, предыдущие генерации хондр) в первичном протопланетном газовой-пылевом облаке. Этот вывод исключает гипотезу о прямой конденсации газ/расплав [11].

**Лаборатория Флюидных процессов.** Разработана новая численная термодинамическая модель одной из важнейших геологических флюидных систем – тройной системы  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$  при  $P-T$  условиях средней и нижней коры и границы кора-мантия (до  $P = 20$  кбар и  $T = 1400^\circ\text{C}$ ). Впервые в этой системе установлен распад гомогенных флюидов при высоких и ультравысоких  $P-T$  параметрах нижней коры на несмешивающиеся флюиды (на рассолы и водно-газовые флюиды). Полученные результаты (рис. 11) позволяют рассматривать область перехода от нижней коры к литосферной мантии не только областью существования гомогенных флюидов, но областью зарождения и концентрации несмесимых солевых и водно-газовых флюидов. Численные значения и тенденции изменения таких важнейших характеристик флюида, как химические активности компонентов и плотности флюидов, существенно различаются в гомогенном флюиде и сосуществующих несмесимых флюидах. Взаимодействие с окружающими породами того или иного флюида должно значимо отличаться и по способности флюида к просачиванию, и по транспортной подвижности всех химических элементов, и по  $P-T$  условиям минеральных реакций и плавления во время процессов преобразования вещества литосферной мантии и коры [12].

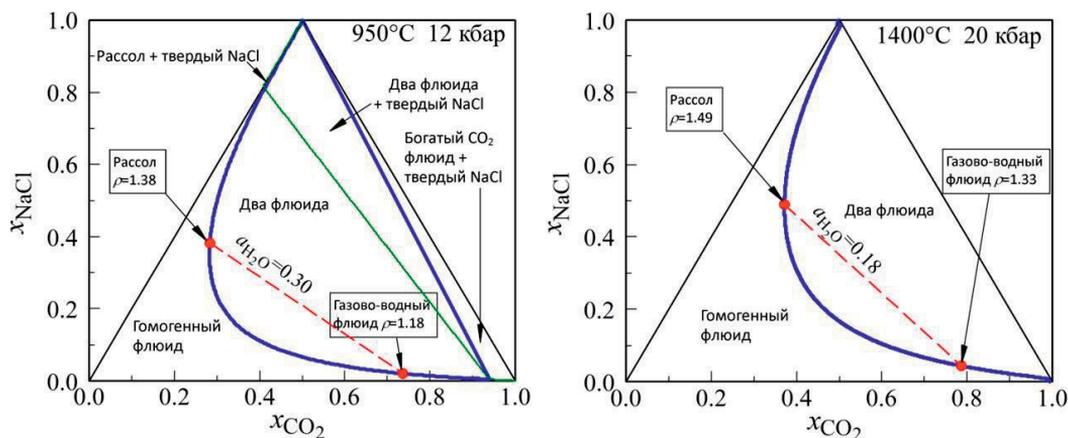


Рис. 11. Фазовые диаграммы флюидной системы  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ , плотности флюидов и химические активности воды

## Литература

1. *Кольцов А.Б., Бушмин С.А.* Метасоматоз в термоградиентных условиях: модели сопряженного переноса тепла и взаимодействия флюид-порода // *Петрология*. – 2022. Т. 30. № 3. С. 309–330. DOI: 10.31857/S0869590322030049.
2. *Балтыбаев Ш.К., Вивдич Э.С., Галанкина О.Л., Борисова Е.Б.* Флюидный режим формирования гнейсов в Мейерской надвиговой зоне Северного Приладожья (юго-восток Фенноскандинавского щита) // *Петрология*. – 2022. Т. 30. № 2. С. 166–193. DOI: 10.31857/S0869590322020029.
3. *Ткачев А.В., Сальникова Е.Б., Рыцк Е.Ю., Котов А.Б., Иванова А.А., Толмачева Е.В., Плоткина Ю.В.* О возрасте формирования пегматитов мамской Слюдонской провинции: новые U-Pb (ID-TIMS) данные по циркону // *ДАН. Науки о Земле*. – 2022. Т. 507. № 2. С. 163–170. DOI: 10.31857/S2686739722601533.
4. *Лыхин Д.А., Ярмолюк В.В., Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Иванова А.А., Плоткина Ю.В.* U-Pb-возраст редкометалльных щелочных гранитов месторождения Снежное: к оценке возрастной однородности гранитоидов огнитского комплекса (Восточный Саян) // *Докл. РАН. Науки о Земле*. – 2022. Т. 506. № 2. С. 148–157. DOI: 10.31857/S2686739722600801.
5. *Кузнецов А.Б., Горохов И.М., Азимов П.Я., Дубинина Е.О.* Sr- и C-хемостратиграфический потенциал палеопротерозойских осадочных карбонатов в условиях среднетемпературного метаморфизма: мраморы Рускеалы, Карелия // *Петрология*. – 2021. Т. 29. № 2. С. 172–194. DOI: 10.31857/S0869590321010039.
6. *Горохов И.М., Кузнецов А.Б., Азимов П.Я., Дубинина Е.О., Васильева И.М., Ризванова Н.Г.* Sr- и C-изотопная хемостратиграфия метакarbonатных пород палеопротерозойской сортавальской серии, Фенноскандинавский щит, северное Приладожье // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. – 2021. Т. 29. № 2. С. 3–22. DOI: 10.31857/S0869592X21020022.
7. *Зайцева Т.С., Кузнецов А.Б., Сергеева Н.Д., Адамская Е.В., Плоткина Ю.В.* U-Th-Pb возраст детритового циркона из оолитовых известняков укской свиты: следы гринвильских источников сноса в позднем рифее Южного Урала // *Доклады РАН*. – 2022. Т. 503. № 2. С. 14–20. DOI: 10.31857/S2686739722040195.
8. *Кузнецов М.В., Саватенков В.М., Шпакович Л.В., Ярмолюк В.В., Козловский А.М.* Эволюция источников магматизма Восточно-Монгольской вулканической области: по данным геохимических и Sr-Nd-Pb изотопных исследований // *Петрология*. – 2022. Т. 30. № 5. С. 457–479. DOI: 10.31857/S086959032205003X.
9. *Голубкова Е.Ю., Кузьменкова О.Ф., Лапцевич А.Г., Кушим Е.А., Воскобойникова Т.В., Силиванов М.О.* Палеонтологическая характеристика верхневендских–нижнекембрийских отложений в разрезе скважины Северо-Полоцкая

Восточно-Европейской платформы, Беларусь // Стратигр. Геол. корреляция. – 2022а. Т. 30. № 6. С. 1–19. DOI: 10.31857/S0869592X22060072.

10. Голубкова Е.Ю., Кушим Е.А., Кузьменкова О.Ф., Лапцевич А.Г. Раннекембрийские биоты юга Латвийской седловины Восточно-Европейской платформы, Беларусь // Палеонтол. журн. – 2022б. № 6. С. 1–8. DOI: 10.31857/S0031031X22060058.

11. Суханова К.Г., Кузнецов А.Б., Скублов С.Г. Геохимические особенности хондр метеорита Орловка (Н5) как свидетельство плавления минералов-прекурсоров // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2022. Т. 504. № 1. С. 28–33. DOI: 10.31857/S2686739722050164.

12. Иванов М.В., Бушмин С.А. Термодинамическая модель флюидной системы  $H_2O-CO_2-NaCl$  при P-T параметрах средней и нижней коры // Петрология. – 2021. Т.29. № 1. С.90–103. DOI: 10.31857/S0869590320060035.

## 2.6. ОТДЕЛЕНИЕ ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

УДК 001.32(470)

DOI/10.48612/spbrc/4f95-4b1t-38mb

**Санкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук в 2021-2022 гг.**

*Н.А. Ащеулова, Е.Ф. Синельникова*

Санкт-Петербургский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5, литера Б

Санкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук (СПбФ ИИЕТ РАН) является одним из ведущих научно-образовательных центров России по исследованию истории науки и техники, социологии науки и науковедения. В 2021–2022 гг. в структурных подразделениях СПбФ ИИЕТ РАН выполнялись научно-исследовательские работы (НИР), ориентированные на решение фундаментальных проблем в области социально-гуманитарных аспектов функционирования науки, анализа влияния науки на общество в геополитическом, экономическом, историческом, социокультурном и региональном измерениях.

В 2021 г. в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации СПбФ ИИЕТ РАН завершил трехлетнюю работу по следующим НИР: «Роль и место Академии наук в развитии фундаментальных исследований и изучении России и сопредельных территорий (XVIII–XX вв.)» (руководитель В.С. Соболев), «Становление и развитие основных отраслей эволюционной биологии и экологии в XX – начале XXI в., включая научные основы охраны природы и публичное восприятие наук о жизни» (руководитель М.Б. Конашев), «Социальная роль учёного и её исторические трансформации» (руководитель: Л.Я. Жмудь). В 2022 г. была начата разработка научной тематики: «Академическая наука и государственная власть в России в XVIII – первой трети XX в.: формы и тенденции взаимодействия (к 300-летию основания Санкт-Петербургской академии наук)» (руководитель А.Ю. Скрыдлов); «Развитие наук о жизни в России в XIX – начале XXI в. в концептуальном, социокультурном, международном и междисциплинарном аспектах: история и современные вызовы» (руководитель А.Л. Рижинашвили); «Когнитивная и социальная институционализация науки: исторические аспекты» (руководитель: Л.Я. Жмудь).

Сотрудники СПбФ ИИЕТ РАН в 2021–2022 гг. также проводили исследования в рамках грантов РФФИ: «Петровская Академия наук в трудах российских историков (исследование и подготовка публикации)» (руководитель: Г.И. Смагина), «Институализация античной науки через практику преподавания математических дисциплин» (руководитель: Л.Я. Жмудь), «Из центра на периферию: изменение ландшафта российской науки в экстремальных исторических условиях, 1918–1922» (руководитель: Е.Ф. Синельникова), «Изучение медицинской статистики в пореформенной России: историко-научный обзор» (руководитель А.Ю. Скрыдлов), «Статистическая наука и государственная власть в России: формы и особенности взаимодействия (конец XVIII – первая половина XIX в.)» (руководитель А.Ю. Скрыдлов), «Научные коммуникации в отечественной археологической науке во второй половине XIX – первой четверти XX в. (на основе неопубликованных архивных источников)» (руководитель: Д.В. Серых).

Сотрудниками СПбФ ИИЕТ РАН за 2021–2022 гг. опубликовано более 250 научных работ, из них более 50 статей в журналах, индексируемых в «Web of Science» и «Scopus». Особо следует отметить статьи А.Л. Рижинашвили, И.А. Гаврилова-Зиминой, М.В. Винарского, Л.Я. Жмудя, А.А. Федотовой и Е.Ю. Жаровой, опубликованные в высокорейтинговых журналах [1–5].

СПбФ ИИЕТ РАН было издано 8 монографий и два сборника документов.

В 2021 г. историко-научное сообщество отмечало 100-летие со дня рождения одного из известнейших специалистов по истории Академии наук XVIII в. – Юдифи Хаимовны Копелевич (1921–2009). К этому знаменательному событию был приурочен выход коллективной монографии, посвященной истории Санкт-Петербургской академии наук в XVIII – первой половине XIX в., в которой на основе широкого круга источников рассматриваются и анализируются предпосылки создания Академии наук в Петербурге, проблемы деятельности ряда академических учреждений, академические коммуникации, организация фундаментальных исследований в области статистики и социально-экономических наук [6]. Жизни и профессиональной деятельности Ю.Х. Копелевич было уделено особое внимание в дополненном и расширенном переиздании ее фундаментального труда по истории создания первого научного учреждения России – Петербургской Академии наук [7].

Труды разных лет Г.И. Смагиной по проблемам научно-организационной деятельности Академии наук, её международных контактов и научно-просветительской деятельности были объединены в книгу, вышедшую к 70-летию юбилею автора [8].

Т.Ю. Феклова в своей монографической работе проанализировала историю Магнитно-метеорологической обсерватории Академии наук в Пекине, её трансформацию от учреждения, просто собирающего первичные показания, в

организацию, проводящую полноценные магнитно-метеорологические исследования [9].

Результаты исследования истории разработки ключевых экосистемных концепций, возникших в конце 1930–1940-х гг. в отечественной пресноводной гидробиологии, социальных (в особенности, идеологических) и когнитивных условий научных исследований в области продукционной гидробиологии первой половины XX в. были обобщены в монографии А.Л. Рижинашвили [10].

Вопросы создания первых научных центров изучения статистики, в структуре органов государственного управления, и институционального становления административной статистики в России в первой половине XIX в. поднимаются в монографии А.Ю. Скрыдлова [11].

В монографии Г.И. Смагиной и В. Зюсса рассматривается деятельность различных учреждений по подготовке учителей в немецких колониях Российской империи (прежде всего в районах Поволжья и Причерноморья) в 1833–1917 гг. [12].

Проблемы деятельности научных обществ Петрограда–Ленинграда и их взаимоотношения с властью и другими научными учреждениями и организациями в 1920-е гг. стали объектом монографического исследования Е.Ф. Синельниковой [13].

За последние два года также было осуществлено несколько документальных публикаций. В частности, под редакцией Г.И. Смагиной был издан Дневник конференц-секретаря Петербургской Академии наук Якоба Штелина за 1766–1769 гг. [14]. Е.Ф. Синельниковой и В.С. Соболевым в сборник были объединены не публиковавшиеся ранее и малоизвестные документальные источники по истории взаимоотношений Академии наук и государственной власти в конце XIX – первой трети XX в. [15].

Результаты своей научной работы сотрудники СПбФ ИИЕТ РАН представили в 2021–2022 гг. в более чем 200 докладах на международных и всероссийских конференциях. Кроме того, 23-28 февраля 2021 г. в рамках IV-го Международного форума социологии «Вызовы 21 века: демократия, окружающая среда, неравенство, взаимосвязанность» под эгидой Международной социологической ассоциации (IV ISA Forum of Sociology Challenges of the 21st Century: Democracy, Environment, Inequalities, Intersectionality) Н.А. Ащеулова выступила соорганизатором трех сессий. На 26-ом Международном конгрессе по истории науки и техники «Гиганты и гномы в науке, технике и медицины» (26th International Congress of History of Science and Technology (ICHST) «Giants and Dwarfs in Science, Technology and Medicine»), проходившем 25–31 июля 2021 г., сотрудниками Филиала было организовано два симпозиума. А.А. Федотова выступила соорганизатором двух заседаний конференции Европейского общества инвайронментальной истории «Одна планета, разные миры: истории окружающей среды, представляемые заново» (European Society for

Environmental History Conference 2022 «Same planet, different worlds: environmental histories imagining anew»), которая состоялась в 4–8 июля 2022 г.

2021 год в России был объявлен Годом науки и технологий, под знаком которого в СПбФ ИИЕТ РАН проходили научные мероприятия: 16 сентября 2021 г. – Круглый стол «Памяти Эдуарда Израилевича Колчинского» [16], 25–29 октября 2021 г. – XLII Международная научная годичная конференция Санкт-Петербургского отделения Российского национального комитета историков и философов науки и техники «Наука и техника в годы бурь и потрясений (к юбилеям А.П. Карпинского и Л.С. Берга)» [17–18], 23 ноября 2021 г. – Научные чтения «Традиции и новые подходы в изучении истории Академии наук (к 100-летию со дня рождения историка науки Ю.Л. Копелевич)» [19], 2–3 декабря 2021 г. – XXXVI Сессия международной школы социологии науки и техники им. С.А. Кугеля «Социальные исследования науки: история и современность (К 90-летию участия советской делегации во II-м Международном конгрессе по истории науки и техники в Лондоне)» [20].

В 2022 г. ИИЕТ РАН праздновал свое 90-летие. Сотрудники СПбФ ИИЕТ РАН (Н.А. Ащеулова, Г.И. Смагина, Т.И. Юсупова, Л.Я. Жмудь, А.Л. Рижинашвили и др.) опубликовали 10 юбилейных статей [21–31].

Исследователи СПбФ ИИЕТ РАН также принимали участие в юбилейных торжествах. Было сделано 8 докладов, посвященных отдельным аспектам истории ИИЕТ и его Санкт-Петербургского филиала на заседаниях Учёных советов ИИЕТ РАН и СПбФ ИИЕТ РАН, на Международной конференции Российского национального комитета по истории и философии науки и техники РАН, посвященной юбилею института, заседании Совета по общественным и историко-филологическим наукам Российской академии наук и III-ем Конгрессе Русского общества истории и философии науки.

К 90-летию ИИЕТ РАН были приурочены и проходившие в СПбФ ИИЕТ РАН в 2022 г. научные мероприятия: 18–22 апреля 2022 г. – I Всероссийская научная конференция (с международным участием) Чтения памяти В.И. Жадина (К 125-летию со дня рождения) [32]; 17–21 октября 2022 г. – VIII Научная школа молодых учёных ИИЕТ РАН «(Не)формальные институции в истории науки» [33]; 24–28 октября 2022 г. – XLIII Международная научная годичная конференция Санкт-Петербургского отделения Российского национального комитета по истории и философии науки и техники Российской академии наук «Академия наук и научные центры союзных республик (к 100-летию образования СССР)» [34]; 24–25 ноября 2022 г. – конференция «Советская древность – VIII» (совместно с Институтом всеобщей истории Российской академии наук). Кроме того, 3 декабря 2022 г. в рамках II Конгресса молодых учёных состоялась сессия «Научные центры на постсоветском пространстве: исторический опыт кооперации и перспективы сотрудничества»,

организаторами которой выступили директор СПбФ ИИЕТ РАН Н.А. Ащеулова и учёный секретарь СПбФ ИИЕТ РАН Е.Ф. Синельникова.

Выдающийся научный труд научных сотрудников СПбФ ИИЕТ РАН был отмечен в 2021 г. рядом наград: А.Л. Рижинашвили получила «2021 Everett Mendelsohn Prize»; В.С. Соболев награжден медалью «За вклад в реализацию государственной политики в области научно-технологического развития»; Т.И. Юсупова награждена Почетной грамотой Министерства науки и высшего образования Российской Федерации; Л.Я. Жмудю присвоено звание «Почетный работник науки и высоких технологий Российской Федерации»; Е.Ф. Синельникова награждена нагрудным знаком «Молодой учёный» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и получила премию Правительства Санкт-Петербурга в области гуманитарных и общественных наук им. Е.Р. Дашковой; Т.Ю. Фёклова и С.В. Шалимов награждены благодарностью Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «За значительный вклад в развитие сферы науки»; А.В. Полевой, В.С. Соболев, А.А. Федотова награждены Почетными грамотами Российской академии наук. В 2022 г. премию Правительства Санкт-Петербурга в области гуманитарных и общественных наук им. Е.Р. Дашковой получил В.А. Куприянов. В связи с 90-летием ИИЕТ РАН почетный знак «За вклад в историю науки и техники» получили Б.Б. Дьяков, М.В. Винарский, А.И. Гаврилов-Зимин, В.А. Куприянов, Е.Г. Пивоваров, А.Л. Рижинашвили, Е.Ф. Синельникова, А.Ю. Скрьдлов, С.В. Шалимов.

Одним из структурных подразделений СПбФ ИИЕТ РАН является Мемориальный музей-квартира путешественника, исследователя Центральной Азии П.К. Козлова (1863–1935). Основные направления деятельности музея: изучение, сохранение, накопление и популяризация материалов, связанных с научной и экспедиционной деятельностью П.К. Козлова; изучение истории исследования Центральной Азии российскими научными экспедициями конца XIX – начала XX в. Коллекция основного фонда музея является национальным достоянием и составной частью Музейного фонда РФ. В 2021 г. экспонаты из коллекции музея были представлены на выставке «Насекомая культура 1920–1940-х» в Галерее на Шаболовке в Москве. В 2021–2022 г. Музей участвовал в общегородских музейных проектах: «Музейная радуга» и «Музейные встречи». Сотрудниками проводились экскурсии для разных категорий граждан, разрабатывались тематические экскурсии. В рамках XLIII Международной научной годичной конференции Санкт-Петербургского отделения Российского национального комитета по истории и философии науки и техники Российской академии наук музеем был организован Круглый стол «Ученые и птицы: орнитологические коллекции (к 130-летию орнитолога Е.В. Козловой)», на котором прозвучало 8 докладов. Кроме того, музеем были подготовлены две виртуальные выставки – «Ирина Александровна Четыркина.

Жизнь энтомолога» и «Елизавета Владимировна Козлова (к 130-летию со дня рождения)», размещенные на сайте СПбФ ИИЕТ РАН (<http://ihst.nw.ru/>) и сайте музея (<http://kozlovmuseum.org/>), а также разработана выставка-плакат «Северное сияние Юрия Пушкарева» для Музейно-выставочного центра «Апатит».

Одним из важных направлений деятельности СПбФ ИИЕТ РАН является подготовка кадров высшей квалификации. За последние два года в аспирантуре СПбФ ИИЕТ РАН завершили обучение и защитили выпускные квалификационные работы шесть аспирантов (в 2021 г. – 2; в 2022 г. – 4). В настоящий момент в СПбФ ИИЕТ РАН обучаются 4 аспиранта.

В 2021–2022 гг. продолжался выпуск периодических изданий – журналов «Историко-биологические исследования» (ВАК, РИНЦ) и «Социология науки и технологий» (Web of Science, ВАК, РИНЦ), международного ежегодника «Проблемы деятельности учёного и научных коллективов» (РИНЦ).

Подводя итог научной деятельности СПбФ ИИЕТ РАН в 2021–2022 гг., можно отметить, что современным историкам науки удастся сохранять и приумножать традиции, заложенные предшествующими поколениями учёных.

### Фотохроника событий



Профессор Берлинского технологического университета, член-корреспондент Международной академии истории науки Э. Кноблах выступает на Круглом столе памяти Э.И. Колчинского. 16 сентября 2021 г.



Выступление гл.н.с. СПбФ ИИЕТ РАН, д-р.ист.н. В.С. Соболева с пленарным докладом «А.П. Карпинский – президент Российской академии наук (к 175-летию со дня рождения)» на XLII Международной научной годичной конференции Санкт-Петербургского отделения Российского национального комитета историков и философов науки и техники «Наука и техника в годы бурь и потрясений (к юбилеям А.П. Карпинского и Л.С. Берга)». 25 октября 2021 г.



Организаторы и участники научных чтений «Традиции и новые подходы в изучении истории академии наук (к 100-летию со дня рождения историка науки Ю.Х. Копелевич)». В центре – дочь и внуки Ю.Х. Копелевич. 23 ноября 2021 г.



Участники I Всероссийской научной конференции (с международным участием) «Чтения памяти В.И. Жадина (К 125-летию со дня рождения)». 18 апреля 2022 г.



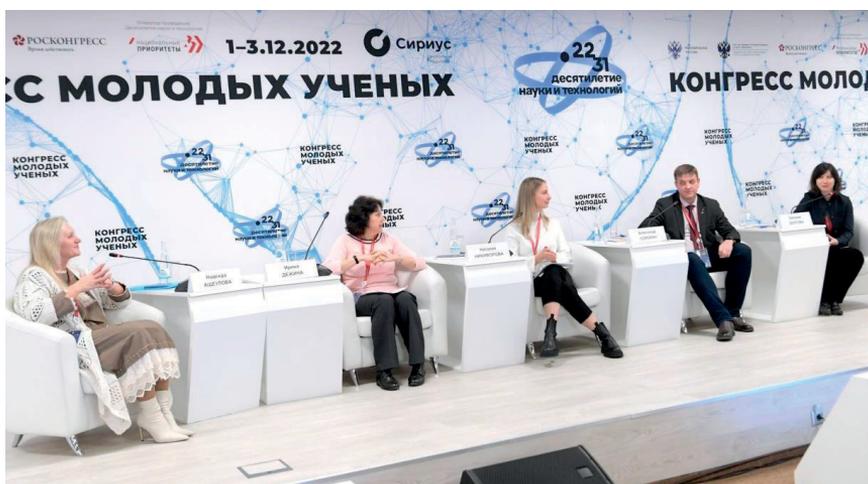
Участники VIII Научной школы молодых учёных ИИЕТ РАН на экскурсии в Санкт-Петербургском научном центре Российской академии наук. 17 октября 2022 г.



Открытие XLIII Международной научной годичной конференции Санкт-Петербургского отделения Российского национального комитета по истории и философии науки и техники Российской академии наук «Академия наук и научные центры союзных республик (к 100-летию образования СССР)». 25 октября 2022 г.



Директор СПбФ ИИЕТ РАН Н.А. Ащеулова обращается с приветствием к участникам конференции «Советская древность – VIII». 24 ноября 2022 г.



Заседание сессии «Научные центры на постсоветском пространстве: исторический опыт кооперации и перспективы сотрудничества» в рамках II Конгресса молодых учёных, организованной директором СПбФ ИИЕТ РАН Н.А. Ащеуловой и учёным секретарем СПбФ ИИЕТ РАН Е.Ф. Синельниковой.

3 декабря 2022 г. Парк науки и искусства «Сириус»

## Литература

1. *Rizhinashvili A.* Production hydrobiology in the USSR under the pressure of Lysenkoism: Vladimir I. Zhadin's forgotten theory of biological productivity (1940) // *Journal of the History of Biology.* 2020. Vol. 53. N. 1. P. 105–139.
2. *Gavrilov-Zimin I.A.* Aberrant ontogeneses and life cycles in Paraneoptera // *Comparative Cytogenetics.* 2021. Vol. 15(3). P. 253–277.
3. *Vinarski M.V.* Pattern without process: Eugen Smirnov and the earliest project of numerical taxonomy (1923–1938) // *Journal of the History of Biology.* 2022. Vol. 55. N. 3. P. 559–583.
4. *Жмудь Л.Я.* Две античные классификации науки: Аристотель и Гемин // *Schole. Философское антиковедение и классическая традиция.* 2021. Т. 15. № 1. С. 265–288.
5. *Fedotova A., Zharova E.* Historical evidence of European mink, *Mustela lutreola* (L.) presence in Białowieża Primeval Forest in the 19th century // *Sylwan.* 2021. № 165(7). P. 503–508.
6. Основанная Петром Великим: Академия наук в XVIII — первой половине XIX в. К 100-летию со дня рождения Ю.Х. Копелевич / Отв. ред. А.Ю. Скрыдлов и Г.И. Смагина. – СПб.: Росток, 2021. 432 с.
7. Петровская Академия наук в трудах российских историков: Ю.Х. Копелевич. Основание Петербургской Академии наук / Отв. ред. Г.И. Смагина. – СПб.: Росток, 2022. 448 с.

8. Смагина Г.И. «Служение на пользу Отечества»: Петербургская Академия наук в XVIII веке: Статьи и материалы / Отв. ред. Т.И. Юсупова. – СПб.: Росток, 2021. 448 с.
9. Феклова Т.Ю. Магнитно-метеорологическая обсерватория Академии наук в Пекине: хроники событий. – СПб.: Нестор-История, 2021. 309 с.
10. Рижинашвили А.Л. Развитие экосистемных представлений в водной экологии (Российская Империя – СССР, первая половина XX века). – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2021. 231 с.
11. Скрудлов А.Ю. Административная статистика в дореформенной России (1802–1852). – СПб.: Вузиздат, 2022. 282 с.
12. Зюсс В., Смагина Г.И. Подготовка учителей в немецких колониях Российской империи (1833–1917): Центральные училища и педагогические курсы: Монография. – СПб.: Росток, 2022. 328 с.
13. Синельникова Е.Ф. Научные общества Петрограда-Ленинграда в 1920-е годы. – СПб.: Скифия-принт, 2022. 348 с.
14. Якоб Штелин. Дневник конференц-секретаря Петербургской Академии наук за 1766–1769 годы / Отв. ред. и сост. Г. И. Смагина. – СПб.: Росток, 2021. 440 с.
15. Академия наук и государственная власть (конец XIX – первая треть XX в.): Сборник документов / Авт.-сост. Е.Ф. Синельникова, В.С. Соболев. – СПб.: Скифия-принт, 2022. 182 с.
16. Федорова А.А. Круглый стол памяти Эдуарда Израилевича Колчинского // Вопросы истории естествознания и техники. 2022. Т. 43. № 1. С. 192–199.
17. Ащеулова Н.А., Синельникова Е.Ф. XLII Международная научная годичная конференция Санкт-Петербургского отделения Российского национального комитета по истории науки и техники Российской академии наук // Вопросы истории естествознания и техники. 2022. Т. 43. № 4. С. 832–836.
18. Наука и техника: Вопросы истории и теории. Материалы XLII Международной годичной научной конференции Санкт-Петербургского отделения Российского национального комитета по истории и философии науки и техники Российской академии наук «Наука и техника в годы бурь и потрясений (к юбилеям А.П. Карпинского и Л.С. Берга)» (25–29 октября 2021 года). Выпуск XXXVII. – СПб.: СПбФ ИИЕТ РАН, 2021. 292 с.
19. Скрудлов А.Ю., Смагина Г.И. Научные чтения памяти Ю.Х. Копелевич // Вопросы истории естествознания и техники. 2022. Т. 43. № 2. С. 422–425.
20. Проблемы деятельности учёного и научных коллективов. 2021. № 7 (37). 214 с.
21. Басаргина Е.Ю., Ащеулова Н.А. Старейший историк науки: к 90-летию Н.Г. Суховой // Социология науки и технологий. 2021. Т.12. № 1. С. 182–197.

22. *Рабкин Я.М., Ащеулова Н.А.* Интервью: К 50-летию юбилею XIII Международного конгресса по истории науки (Москва, 18–24 августа 1971 г.) // Социология науки и технологий. 2021. Т. 12. № 1. С. 182–197.
23. *Романова Н.Е.* «Существует совсем другая биология»: к 75-летию юбилею Якова Михайловича Галла // Историко-биологические исследования. 2022. Т. 14. № 2. С. 7–32.
24. *Юсупова Т.И., Смагина Г.И.* Историк науки в контексте эпохи: историограф Академии наук Юдифь Хаимовна Копелевич // Социология науки и технологий. 2021. Т. 12. № 3. С. 7–38.
25. *Пивоваров Е.Г.* «Публикация его малосодержательных верноподданнических записочек...»: об одном не изданном Комиссией по истории Академии наук сборнике документов // Социология науки и технологий. 2022. Т. 13. № 2. С. 7–27.
26. *Жмудь Л.Я. Ю.Х. Копелевич: от филолога-классика к историку науки* // Социология науки и технологий. 2022. Т. 13. № 3. С. 7–27.
27. *Скворцов А.М.* Подготовка «Всеобщей истории техники» в Институте истории науки и техники в 1930-е годы (на примере тома по истории техники в Средние века) // Социология науки и технологий. 2022. Т. 13. №3. С. 28–40.
28. *Рижинашвили А.Л.* История науки как основа для современных достижений фундаментальной биологии // Успехи современной биологии. 2022. Т. 142. № 3. С. 211–212.
29. *Винарский М.В.* Систематика наших дней: путь к новому синтезу или бесконечный тупик? // Успехи современной биологии. 2022. Т. 142. № 3. С. 213–222.
30. *Гаврилов-Зимин И.А.* Развитие теоретических представлений о живорождении // Успехи современной биологии. 2022. Т. 142. № 3. С. 223–252.
31. *Рижинашвили А.Л.* Контуры теории функционирования водных экосистем: биогенное лимитирование // Успехи современной биологии. 2022. Т. 142. № 3. С. 253–267.
32. *Рижинашвили А.Л.* I Всероссийская научная конференция «Чтения памяти В.И. Жадина» (к 125-летию со дня рождения) // Вопросы истории естествознания и техники. 2022. Т. 43. № 4. С. 837–843.
33. Проблемы деятельности учёного и научных коллективов. 2022. № 8 (38). 371 с.
34. Наука и техника: Вопросы истории и теории. Материалы XLIII Международной годичной научной конференции Санкт-Петербургского отделения Российского национального комитета по истории и философии науки и техники Российской академии наук «Академия наук и научные центры союзных республик (к 100-летию образования СССР)» (24–28 октября 2022 года). Выпуск XXXVIII. – СПб.: СПбФ ИИЕТ РАН, 2022. 328 с.

## **Мировой приоритет отечественных учёных в области радиолокации и радиолокационной техники**

***В.П. Говорухин<sup>1)</sup>, П.Н. Волгин<sup>2)</sup>, В.А. Родионов<sup>1)</sup>, А.А. Нестерчук<sup>1)</sup>,  
Н.Н. Ильина<sup>1)</sup>***

<sup>1)</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук (СПбНЦ РАН)  
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5

<sup>2)</sup> Акционерное общество «СПИИРАН – Научно-Техническое Бюро Высоких Технологий» (СПИИ РАН – НТБВТ)  
199178, Санкт-Петербург, 16-я линия В.О., дом 37

### **Введение**

В 1946 г., Уинстон Черчилль заявил: «Англосаксы подарили миру самое великое изобретение XX века – радиолокацию» [1]. Заявление У. Черчилля не соответствует реальной действительности: первый в мире успешный эксперимент по обнаружению самолёта радиолокационным методом был произведен в Ленинграде 3 января 1934 г. [2, 3]. Первое практическое применение радиолокации было реализовано в 1932 году в СССР в установке «Рапид». Первые в мире РЛС, принятые на вооружение и выпущавшиеся серийно, были в СССР с 1939 года [4, 5].

«Из трех новых важнейших видов оружия второй мировой войны – реактивных снарядов, радарных установок и атомных бомб – большое влияние на ход войны оказала только радарная техника» [5].

Исследования авторов, посвященные истории отечественной радиолокации, результаты которых приводятся в настоящей статье, приурочены к наступающему 3 января 2024 года 90-летию первого в мире успешного эксперимента по обнаружению самолёта радиолокационным методом. Это знаменательное событие в истории советской науки свидетельствует о мировом приоритете отечественных учёных в радиолокации и радиолокационной технике, показывает значимость применения отечественных РЛС в начале Великой Отечественной войны при отражении авианалетов на Севастополь, Москву, Ленинград и Кронштадт.

Напомним некоторые термины и определения, использованные в статье и регламентируемые межгосударственными и государственными стандартами Российской Федерации:

– радиолокация – область радиотехники, задачей которой является обнаружение и распознавание различных объектов в пространстве, определение их координат и параметров движения с помощью радиоволн;

– радиолокационная информация (РЛИ) – совокупность сведений о целях, полученных средствами радиолокации;

– радиолокационная станция (РЛС) – совокупность технических средств, используемых для получения радиолокационной информации.

В настоящее время радиолокационная техника военного и гражданского назначения широко применяется: для определения местоположения различных объектов; для управления воздушным движением (в т.ч. приводом и посадкой воздушных судов); опознавания государственной принадлежности объектов; для навигации кораблей, самолётов, морских и речных судов; для контроля дорожного движения; а также в метеорологии, космосе и др. [3].

## **1. Исторические предпосылки создания радиолокации и радиолокационной техники**

В 1897 г. изобретатель радио А.С. Попов в Финском заливе проводил опыты по радиосвязи между транспортом «Европа», на котором размещался передатчик, и крейсером «Африка», на котором размещался приёмник. В отчёте по результатам проведения опытов А.С. Попов написал: «Наблюдалось ... влияние промежуточного судна. Так, во время опытов между «Европой» и «Африкой» попадал крейсер «Лейтенант Ильин», и если это случалось при больших расстояниях, то взаимодействие приборов прекращалось, пока суда не сходили с одной прямой линии» [3]. Таким образом, А.С. Попов выявил физическое явление отражения радиоволн, однако, рассматривал это явление в качестве помехи радиосвязи.

30 апреля 1904 года Германское Императорское бюро по патентам выдало немецкому инженеру Кристиану Хюльсмайеру из Дюссельдорфа удостоверение на его изобретение, названное телемобильскопом. К. Хюльсмайер для обнаружения кораблей на большом расстоянии предложил использовать двухантенное устройство, включающее радиопередатчик, вращающиеся антенны направленного действия, радиоприёмник со световым или звуковым индикатором, воспринимавший отражённые объектами радиоволны.

Устройство Хюльсмайера включало основные радиоэлектронные функциональные узлы (РЭФУ) современной РЛС. Устройство Хюльсмайера было испытано 18 мая 1904 года – на железнодорожном мосту в Кельне, а 10 июня 1904 года – в гавани Роттердама.

В 1919 г. Л. Махтсу был выдан патент, в котором описывалось устройство со спиральной развёрткой и визуальной индикацией положения обнаруживаемого объекта с использованием радиоволн. По причине несовершенства излучающих и принимающих устройств практического внедрения предложенная идея не получила.

В сентябре 1922 г. служащие ВМС США Хойт Э.Тейлор и Лео К. Янг проводили опыты по радиосвязи на декаметровых волнах (3-30 МГц) через реку Потомак. В это время по реке прошёл корабль и связь прервалась. Тейлор предположил, что явление отражения радиоволн можно использовать для обнаружения движущихся объектов, в том числе в темноте и при плохой видимости. В США именно Х. Тейлору и Л. Янгу приписывают открытие явления отражения радиоволн.

В начале 30-х годов практически одновременно в СССР, Великобритании, США и Германии были развернуты научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) в области радиолокации. Значительное влияние на развитие радиолокации в мире оказали практические работы в области радиолокации в СССР, которые начались в 1932 – 1933 годах. По признанию зарубежных авторов, к началу 1934 года СССР продвинулся в практических работах более чем другие страны [4, 5].

В начале 1930-х гг. в области радиолокации и радиолокационной техники работали несколько групп отечественных специалистов:

- в Центральной радиолaborатории (ЦРЛ), Ленинград и г. Горький;
- в Ленинградском электрофизическом институте (ЛЭФИ), Ленинград;
- в Ленинградском физико-техническом институте (ЛФТИ), Ленинград;
- на Ленинградском заводе № 209 имени Коминтерна, Ленинград;
- в Украинском физико-техническом институте (УФТИ), г. Харьков.

Основные работы в области радиолокации и радиолокационной техники с 1930-х гг. и до начала Великой Отечественной войны выполнялись в СССР в Ленинграде.

Практическое руководство началом работ в области отечественной радиолокации и радиолокационной техники осуществляли два управления Рабоче-Крестьянской Красной Армии (РККА):

- Управление Противовоздушной обороны (ПВО);
- Главное артиллерийское управление (ГАУ).

## **2. Работы в области отечественной радиолокации и радиолокационной техники под руководством Управления ПВО РККА**

В 1932 г. артиллерист 32-го Псковского зенитного полка Павел Кондратьевич Ощепков (рис. 1) рапортом доложил командиру полка В.М. Чернову идею применения явления отражения радиоволн для обнаружения самолётов. В августе 1932 г. под Псковом, а затем под Ленинградом П.К. Ощепков на собственноручно модернизированных передатчиках-приёмниках продемонстрировал В.М. Чернову и начальнику инспекции Управления ПВО РККА И.Ф. Блажевичу натурные

эксперименты, подтверждающие изложенную в рапорте идею. По результатам натурных экспериментов были составлены акты, которые И.Ф. Блажевич доложил начальнику Управления ПВО М.Е. Медведеву и его заместителю П.Е. Хорошилову.



Рис. 1. Павел Кондратьевич Ощепков (1908-1992)  
(Источник: <http://www.ru.wikipedia.org>)

В декабре 1932 г. П.К. Ощепков был переведен в Управление ПВО в Москву, где продолжил изучение вопросов радиообнаружения летящих самолётов. В начале 1933 г. он доложил командованию Управления ПВО, а затем – Народному комиссару обороны К.Е. Ворошилову и его заместителю М.Н. Тухачевскому свои предложения о применении радиоволн для обнаружения самолётов и принципы использования радиотехнических средств обнаружения воздушных целей в системе ПВО.

В августе 1933 г. с официальным письмом от Народного комиссариата обороны П.К. Ощепков был принят в Ленинграде президентом Академии наук СССР А.П. Карпинским и академиками А.Н. Крыловым и С.И. Вавиловым. Крупнейшие учёные Академии наук СССР поддержали наработки П.К. Ощепкова.

В октябре 1933 г. издан приказ об организации в Ленинграде специального конструкторского бюро (КБ) на территории курсов усовершенствования командного состава ПВО, начальником курсов был назначен П.Е. Хорошилов, начальником КБ – П.К. Ощепков. Бюро занималось разработкой общих схем системы радиообнаружения, специальных нестандартных узлов и деталей.

В 1933 г. для службы воздушного наблюдения, оповещения и связи (ВНОС) ПВО П.К. Ощепков сформулировал принципы построения системы «Электровизор» с дальностью обнаружения самолётов 100–200 км. В декабре 1933 г. П.К. Ощепков

представил в Межведомственную комиссию по научно-исследовательским работам при Начальнике вооружения РККА описание принципа построения «Электровизора». Свои идеи П.К. Ощепков также изложил директору ЛФТИ академику А.Ф. Иоффе.

16 января 1934 г. в Академии наук СССР под руководством академика А.Ф. Иоффе было проведено совещание по вопросу радиообнаружения самолётов, на котором присутствовали виднейшие советские учёные и инженеры, работающие в области радиофизики или в близких отраслях знаний. По итогам совещания, идея радиообнаружения самолётов была одобрена, в итоговом протоколе совещания записано:

*«Слушали:*

*Сообщение представителя Управления противовоздушной обороны РККА инженера Ощепкова, начальника Курсов усовершенствования командного состава ПВО тов. Хорошилова и академика А.Ф. Иоффе о крайней необходимости в современных условиях противовоздушной обороны, в целях обеспечения боевого использования технических средств ПВО конструирования приборов, обеспечивающих обнаружение самолётов на больших высотах – порядка 10 километров – и дальности до 50 километров в условиях, не зависящих от атмосферного состояния и времени суток.*

*Постановили:*

*В результате обмена мнениями о принципиальной важности и своевременности поставленного вопроса и о возможных средствах его разрешения совещание считает:*

*1. Из технических средств, могущих обеспечить в наискратчайший срок разработку приборов, обеспечивающих обнаружение самолётов в названных условиях, могут явиться приборы, построенные на принципе использования электромагнитных волн достаточно короткой длины волны (дециметровые и сантиметровые волны).*

*При этом должны быть разработаны относительно достаточно мощные генераторы дециметровых и сантиметровых волн, направляющие электромагнитные излучения системы, а также приёмные устройства, обеспечивающие по отраженному электромагнитному лучу определение местонахождения самолётов (их координаты), их количества, курса движения и скорости.*

*Определение координат в первом случае может производиться как с дополнительно устанавливаемого приёмного аппарата, так и не исключена возможность определения дистанции с одного и того же пункта, что при дальнейшем своем развитии может найти широкое применение в технике артиллерийской зенитной стрельбы по невидимой цели.*

2. Одновременно с этим, ввиду новизны поставленного вопроса о применении электромагнитных волн для указанной цели и необходимости в этом направлении еще длительной научно-исследовательской работы, совещание считает необходимым вести разработку и других методов обнаружения. В частности, для обнаружения самолётов в сумерки использовать специально разработанные оптические системы и тщательно еще раз проверить результаты по методам, основанным на принципе звукопеленгации и инфракрасной радиации» [6].

Для привлечения широкого круга специалистов к обсуждению вопросов радиообнаружения самолётов доклад, представленный П.К. Ощепковым К.Е. Ворошилову и М.Н. Тухачевскому, после некоторой переработки было решено опубликовать.

В феврале 1934 года в журнале «Сборник ПВО» опубликована статья П.К. Ощепкова «Современные проблемы развития техники противовоздушной обороны», в которой изложено: «Сущность обнаружения самолётов с помощью электромагнитных волн заключается в том, что если иметь источник генерирования ультракоротких или дециметровых волн и даже сантиметровых электромагнитных волн и излучение этих волн от источника генерирования направить в пространство, то, направляя такой луч электромагнитных волн на какой-либо предмет, можно получить всегда обратный отраженный электромагнитный луч. Приняв такой отраженный луч и определив направление его распространения, можно весьма точно определить не только направление на отражающую поверхность, но и место ее нахождения. Измеряя время от посылки этих волн до их обратного приема, что может быть сделано модуляцией, то есть наложением на основную частоту дополнительной частоты, или замером фазы полученных электромагнитных волн, можно точно определить время прохождения этих волн. А поскольку скорость распространения электромагнитных волн постоянна, постольку расстояние до отражающей поверхности, то есть до самолёта, получится как следствие» [7].

По заданию и при непосредственном участии П.К. Ощепкова в ЛЭФИ под руководством инженера Б.К. Шембеля создана и летом 1934 г. испытана первая аппаратура радиообнаружения «Рапид», которая обнаруживала (при высоте полета 1 км):

- тяжелые самолёты – на дальностях 5–7 км;
- лёгкие самолёты – на дальности 3 км.

Начальник Радиотехнического управления ВМФ СССР в 1980–1990 гг., вице-адмирал, доктор технических наук, профессор Г.П. Попов отметил: «Акты испытаний аппаратуры «Рапид» от 11 июля 1934 г. и от 5–11 марта 1935 г., а также протокол испытаний от 9 августа 1934 г. явились первыми в истории официальными документами об испытаниях радиолокатора» [9].

Для сравнения: создатель радиолокации в Великобритании физик Роберт Уотсон Уотт продемонстрировал устройство, предназначенное для радиолокационного обнаружения воздушных объектов, 26 февраля 1935 г., т.е. через полгода.

Приказом от 7 октября 1934 года на КБ под руководством П.К. Ощепкова возложена разработка системы радиообнаружения панорамного типа под шифром «Электровизор». Однако специалистами Научно-исследовательского испытательного института связи (НИИИС) РККА предложение П.К. Ощепкова применять магнетронные генераторы в аппаратуре радиообнаружения самолётов было признано ошибочным.

В 1936 г. вместо КБ при Управлении ПВО создан опытный сектор ПВО по разведке и наведению, который был выведен из подчинения начальника Управления ПВО и передан в Техническое управление РККА. В августе 1937 г. сектор расформирован, решением Наркома обороны работы по дальнему радиообнаружению переданы в Управление связи РККА, выполнение работ радиообнаружению самолётов поручено НИИИС РККА.

Кроме того, в 1937 г. П.К. Ощепков был арестован по ложному обвинению.

### **3. Работы в области отечественной радиолокации и радиолокационной техники под руководством ГАУ**

В 1932–1933 гг. ГАУ по вопросам обнаружения самолётов проведены переговоры с научными учреждениями и промышленностью, результат которых – заключение в 1933 г. договоров с ЦРЛ и ЛЭФИ. Исторически первый юридический документ, положивший начало плановым НИОКР по радиолокации – договор о развертывании исследования по радиообнаружению самолётов, заключенный между ГАУ и ЦРЛ в октябре 1933 г. [2].

3 января 1934 г. в Ленинграде на территории Гребного порта у кроншпица Галерной гавани сотрудниками ЦРЛ под руководством Юрия Константиновича Коровина (рис. 2) произведён первый в мире успешный эксперимент по обнаружению самолёта радиолокационным методом – самолёт, летящий на высоте 150 метров, был обнаружен на дальности 600 метров от радиолокационной установки. В последующие дни января Ю.К. Коровин провёл еще ряд лётных испытаний и собрал достаточный материал для дальнейшего развертывания работ по созданию нового типа аппаратуры обнаружения и пеленгации самолётов.



Рис. 2. Юрий Константинович Коровин (1907-1988)  
(Источник: <http://www.hist.rloc.ru>)

В отчёте ЦРЛ «Пеленгация самолётов на ДЦВ», направленном 14 февраля 1934 г. в ГАУ, Ю.К. Коровин сформулировал первые итоги своей работы (рис. 3). В том же отчёте Ю.К. Коровин спланировал дальнейшие работы (рис. 4).

ГАУ рассмотрены и утверждены выводы, сделанные на основе проведённых опытов и предложения ЦРЛ и ЛЭФИ (в ЛЭФИ осуществлялись разработки по теме в соответствии с договором с ГАУ от 11 января 1934 г.) по дальнейшему развертыванию работ (рис. 5).

Результаты обнаружения самолётов, полученные в начале 1934 г., дальнейшего практического продолжения не получили. В 1935 г. по решению Главного управления слаботочной промышленности (на который замыкалась ЦРЛ) работы ЦРЛ по радиолокации были переведены в г. Горький, в военно-индустриальную радиолaborаторию им. М.В. Фрунзе.

В 1937 г. в ГАУ было расформировано Управление военных приборов. Занимавшийся радиообнаружением в интересах зенитной артиллерии отдел зенитного вооружения был включен в состав Артиллерийского комитета ГАУ.

Таким образом, Управление связи РККА (объединенное с Техническим управлением) занималось вопросами радиообнаружения в интересах ВНОС ПВО, а ГАУ занималось вопросами радиообнаружения в интересах зенитной артиллерии. Различная ведомственная принадлежность не способствовала быстрому созданию серийных РЛС.

## О Т Ч Е Т

НО НАРЯДУ "ПЕЛЕНГАЦИЯ САМОЛЕТОВ НА ДЕЦИМЕТРОВЫХ ВОЛНАХ".

### З а д а н и е

а) Целью работы являлось проверка возможности пеленгации самолетов по отраженным волнам, в диапазоне 50 - 100 см с аппаратурой разработанной в ЛПА ЦРЛ для целей связи.

Более детально:

1) Выяснить порядок высокочастотных мощностей, необходимых для нормальной работы пеленгатора на расстояниях порядка 8 - 10 километров.

2. Определить наименьшие допустимы расстояния между генераторным и приемным зеркалом, наметить пути и способы устранения прямого действия генератора на приемник помещенный на расстоянии 1 - 2 метров от генератора.

3. Выяснить, качественно, характер вторичного, т.е. отраженного от самолета, поля.

4. Установить пути по которым работа должна развиваться дальше.

б) Работа выдвинута по заданию 14-го сектора УВП ГАУ.

в) Краткие технические условия: Генератор дающий до 0,6 W на волне 50 см. Направляющее устройство с углом излучения меньшим  $30^{\circ}$  Суперрегенеративный приемник с зеркалом дающим направленный прием.

г) Начало **8 1933 г.** Конец 1/1-1934 г.

д) Стоимость предположительная и фактическая 6.000 р.

Рис. 3. Отчёт ЦРЛ в ГАУ по первому опыту радиообнаружения (первый лист)

окольного экрана.

в) Парад № 2753.

**ВЫВОДЫ**

1. Пеленгация самолетов на дециметровых волнах возможна при высокочастотных мощностях порядка десятков ватт и волне 10 - 20 см, на расстоянии 8 - 10 километров. Вывод основан на результатах пеленгации с мощностью 0,2 ватта на волне в 50 см.

2. При мощности в антенне в 0,2 ватта и длине волны в 50 см. Получены расстояния до пеленгуемого самолета в 600 - 700 метров.

3. Пеленгация элементарных поверхностей (диск, с диаметром в 25 см.) получена при той же мощности и волне на расстоянии 100 метров. Опыт с элементарными поверхностями позволяет ориентировочно подсчитывать эффект отражения плоского сложными зеркалами (самолет).

4. Снятие характеристик вторичного поля, т.е. распределение отраженного поля в пространстве, в зависимости от положения самолета в первичном поле, возможно только с мощностью порядка 4 - 5 ватт на расстоянии 1-1,5 километров.

5. Применяемая аппаратура и мощность акустически измерений не их возможны.

6. Применением многослойной окраски можно свести расстояние между генератором и приемным зеркалом до 1-2 метров, на волне в 50 см, и мощности 0,2 ватта получить наименьшее расстояние между генератором и приемником в 8

метров.

Дальнейшее направление работы должно заключаться: 1) в получении достаточной мощности на волне 10 - 15 см. с магнетронным генератором, 2) в разработке экранов приемника и генератора, что связано с разработкой зеркала, а) исследование характеристик вторичного поля, отраженного от самолета, 4) получения исчерпывающих данных для конструирования радиопеленгатора.

Отв. исполнитель *Коровин* 14.11.34.

(Коровин)

Поч. в 3-х экз.

1-я - 14-му Сектору УВП ГАУ  
2-я - Главопрому  
3-я - в дело 1-6  
85 ст.

*[Подпись]*

Рис. 4. отчет ЦРЛ в ГАУ (последние листы)

**Научно-технический журнал**  
**ГЛАВНОГО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**  
**(ПО НТО УВП ГАУ)**

№ 0249

по вопросу Утверждения отчета ЦРЛ по работе: пеленга самолетов на дециметровых волнах.

ЖУРНАЛ СОСТАВИЛ: Начальник 14 сектора НТО УВП ГАУ Федс

лучения исчерпывающих данных для конструирования радиопеленгатора.

6. Отражающее зеркало не из металла, а из фанеры для отражение примерно 4-5 раз меньше, чем металлические.

**ПОСТАНОВЛЕНИЕ 14 СЕКТОРА НТО УВП ГАУ.**

1. Выводы ЦРЛ одобрить.

2. Предложить ЦРЛ и ЛЭФИ всячески форсировать работу поручение им ГАУ ~~улучшить~~ по составлению проекта радиопеленгатора с тем, чтобы образец радиопеленгатора мог быть издан и испытан в текущем году.

3. Научно-технический журнал разослать: ЦРЛ, ЛЭФИ, НТО УВП, 14 сектор НТО УВП и ВСТА.

Начальник УВП ГАУ *[Подпись]*  
Начальник НТО УВП *[Подпись]*  
Начальник 14 сектора НТО УВП *Бредов*

Рис. 5. Научно-технический журнал ГАУ (первый и последние листы)

#### 4. Создание первых серийных радиолокационных станций РУС-1 и РУС-2

В 1937 г. разработку системы радиобнаружения, основанную на непрерывном методе радиолокации, НИИИС РККА включил в план своих работ. В конце 1937 г. под руководством инженера Д.С. Стогова на основе аппаратуры «Рапид» была разработана система радиобнаружения «Ревень», в которой обнаруживался факт пересечения самолётом линии между передатчиком и приёмником [1].

В августе 1939 г. система радиобнаружения «Ревень» успешно прошла полигонные и войсковые испытания, приказом Наркома обороны СССР от 10 сентября 1939 г. принята на вооружение под обозначением РУС-1 («радиоуправляемый самолётов первый»).

Во время советско-финской войны 1939–1940 гг. РУС-1 успешно применялась на Карельском перешейке. К началу Великой Отечественной войны было изготовлено 44 комплекта станции РУС-1 [9].

Осенью 1935 г. ЛЭФИ был реорганизован в научно-исследовательский институт № 9 (НИИ-9). В связи с изменением тематики НИИ-9 сотрудники лаборатории профессора Д.А. Рожанского, специализирующейся на теме радиолокации, перешли на работу в ЛФТИ академика А.Ф. Иоффе. После смерти Д.А. Рожанского в сентябре 1936 г. лабораторию возглавил Ю.Б. Кобзарев.

В 1936 г. под руководством Ю.Б. Кобзарева сотрудники лаборатории в составе ЛФТИ приступили к разработке аппаратуры радиобнаружения самолётов, основанной на импульсном методе радиолокации. В 1937 г. коллектив под руководством Ю.Б. Кобзарева разработал экспериментальный образец импульсной РЛС с основными техническими характеристиками: длина волны – 3,7 м, длительность импульса – 10–12 мкс, частота повторения импульсов – 900 герц.

При испытаниях под Москвой 15 апреля 1937 г. экспериментальный образец импульсной РЛС обнаружил самолёт на расстоянии около 7 км. Ю.Б. Кобзарев считал 15 апреля 1937 г. днём рождения импульсной радиолокации в СССР [1].

Вскоре 10 мая 1937 г. самолёт на высоте 1500 м был обнаружен на дальности 12,5 км, 16 мая 1937 г. звено самолётов Р-5 было обнаружено на дистанции 15 км.

По заданию НИИИС РККА ЛФТИ приступил к комплексной разработке импульсной РЛС с улучшенными тактико-техническими характеристиками (ТТХ). Во время эксперимента в августе 1938 г. улучшенный вариант импульсной РЛС обнаружил самолёт, летящий на высоте 7500 метров, на дальности 95 км [1].

В мае 1940 г. НИИ радиопромышленности (НИИ-20) по заданию Комитета обороны при Совете Народных Комиссаров изготовил два опытных промышленных образца мобильной импульсной РЛС «Редут», которые успешно прошли совмещённые полигонные и войсковые испытания. Приказом Наркома обороны от

26 июля 1940 г. импульсная РЛС «Редут» принята на вооружение Войск ПВО под названием РУС-2.

Во время советско-финской войны 1939–1940 гг. РУС-1 успешно прошла боевую проверку в районе Перемяки на Карельском перешейке [1]. До июня 1941 г. было изготовлено десять РЛС РУС-2 с дальностью обнаружения самолётов до 110 км. «Создание этой станции явилось значительным шагом вперед: она позволяла обнаруживать самолёты на расстоянии до 110 км и непрерывно вести круговое наблюдения, определять направление и дальность» [9]. Количество серийных РЛС РУС-1 и РУС-2, произведённых с 1940 по 1945 гг., приведено в табл. 1 [1, 2].

Таблица 1. Количество РЛС РУС-1 и РУС-2, произведённых с 1940 по 1945 годы

Тип станции	1940	1941	1942	1943	1944	1945	Всего
РУС-1	31	13	—	—	—	—	44
РУС-2 (двухантенный вариант)	2	10	—	—	—	—	12
РУС-2 (одноантенный вариант)	—	15	14	39	43	21	132
РУС-2с (разборный вариант)	—	12	39	29	110	273	463
Итого	33	50	53	68	153	294	651
В процентах	100	156	160	206	463	890	

## 5. Наиболее значимые результаты применения отечественных РЛС в начале Великой Отечественной войны

### На Черноморском флоте (ЧФ)

В июне 1941 г. на ЧФ в составе радиотехнической роты 11-го батальона ВНОС было 2 комплекта станций РУС-1. Первый комплект: передающая установка – мыс Херсонес, приёмные станции – мыс Тарханкут, Евпатория, Оползнево. Второй комплект: передающая установка – мыс Айю-Даг, приёмные станции – Феодосия, Алушта, Ялта. А также – 2 станции РУС-2 в г. Севастополе: одна – в районе бухты Круглая, вторая – на мысе Фиолент [3, 10].

В мае 1941 г. на крейсере «Молотов» была установлена первая в СССР корабельная РЛС «Редут-К», которая до августа 1942 г. оставалась единственной отечественной корабельной РЛС [9].

22 июня 1941 г. в 02 часа 05 минут от расчета РУС-1 на мысе Тарханкут дежурному по главному посту ВНОС ЧФ поступило донесение об обнаружении воздушных целей на линии м. Херсонес – м. Тарханкут [9]. Группа самолётов фашистской Германии с аэродромов Румынии совершала первый авианалёт на г. Севастополь с целью постановки мин и блокирования кораблей ЧФ в Севастополе. Благодаря своевременному выявлению и оповещению, а также активным действиям

корабельной зенитной артиллерии, авианалет был сорван и удалось избежать блокирования кораблей ЧФ в Севастопольской бухте.

Станции РУС-1 и РУС-2 активно участвовали в обороне Севастополя. «За время работы станций РУС-2 при обороне Севастополя не было ни одного случая скрытного подхода авиации противника» [9].

На крейсере «Молотов» для обнаружения авиации противника активно применялась РЛС «Редут-К». «Уже на третий день войны, когда крейсер стоял на бочках в Северной бухте, была установлена прямая телефонная связь от поста РЛС крейсера со штабом флота и КП ПВО. Надёжная работа операторов РЛС «Редут-К» существенно повышала эффективность обороны главной базы флота. До ноября 1943 г. РЛС более 9 тыс. раз обнаруживала вражеские самолёты, что позволяло эффективно применять огневые средства ПВО» [9].

### **Под Москвой**

Первый массированный авианалёт вражеской авиации на Москву состоялся в ночь с 22 на 23 июля 1941 г., силы и средства Московской зоны ПВО были приведены в боевую готовность за 1,5 часа до авианалёта благодаря своевременному обнаружению вражеских самолётов отечественной РЛС под Можайском. Самолёты были обнаружены около 22 часов на дальностях около 100 км к западу от Можайска [3].

На подлете к Москве вражеские бомбардировщики были встречены нашими истребителями и массированным огнем зенитной артиллерии. План авианалёта на Москву был сорван, вражеские бомбардировщики сбросили бомбы на подмосковные леса и поля и повернули назад.

В 1941 г. совершены 76 авианалётов на Москву, которые не достигли ожидаемой эффективности, в том числе благодаря применению отечественных РЛС.

### **При обороне Ленинграда и Кронштадта**

8 сентября 1941 г. началась блокада Ленинграда, и состоялся первый массовый авианалёт на город. «Налёты повторились 9 и 10 сентября, затем после перерыва последовал массированный дневной налёт 19 сентября, в котором участвовали семь авиационных групп. Основную роль играли пикировщики 1-й и 3-й групп 2-й штурмовой эскадры «Иммельман» (StG2), немцы потеряли пять самолётов. На город сбросили более 500 фугасных и около 3000 зажигательных бомб, были полностью разрушены Гостиный Двор, госпиталь на Суворовском проспекте и 80 многоэтажных жилых домов. Серьёзно пострадали Кировский и Пролетарский заводы, а также завод «Экономайзер». Погибло 540 человек» [11].

На рис. 6 приведена карта обороны Ленинграда в сентябре 1941 г. [11].

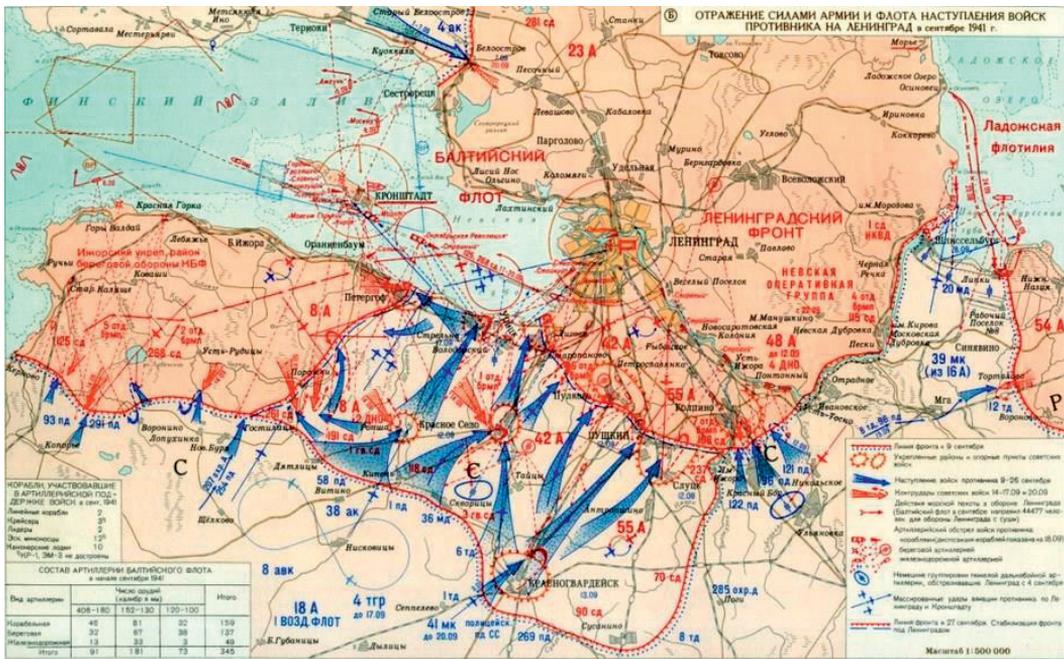


Рис. 6. Карта обороны Ленинграда в сентябре 1941 года (Морской атлас. Том III. Военно-исторический. Часть вторая. ГШ ВМФ, 1963 г.)

21, 22 и 23 сентября 1941 года немецкая авиация совершила три массированных налёта на Кронштадт, на форты и корабли, располагавшиеся у пристаней Кронштадта и вокруг о. Котлин [12].

21 сентября 1941 г. в первом массированном авианалёте на Кронштадт участвовали 40 бомбардировщиков Ju 87 и Ju 88, 22 истребителя-бомбардировщика Me 109 [11]. Старший сержант Г.И. Гельфенштейн своевременно обнаружил значительное количество воздушных целей РЛСРУС-2 и доложил в штаб Краснознамённого Балтийского флота (КБФ) об обнаружении воздушных целей и направлении их полета на Кронштадт. Средства ПВО были приведены в боевую готовность и массированным огнем встретили вражеские самолёты.

22 и 23 сентября 1941 г. продолжались массированные авианалёты на Кронштадт. Всего в городе и на кораблях погибло 135 человек, еще 95 получили ранения [12].

«В результате Кронштадтского сражения существенного ущерба нашему флоту нанесено не было. Силы ПВО КБФ в тесном взаимодействии с силами ПВО Ленинградского фронта сумели в существенной степени не допустить прицельного бомбометания, минимизировали этим наши потери – и выиграли битву, сохранили боевой потенциал могучей артиллерии КБФ! Немецкой авиации в трёх совершенных коварнейших налётах на корабли и Кронштадт не удалось реализовать главную цель

всей этой многосложной операции, а наша могучая морская артиллерия кораблей, фортов и батарей на подвижных железнодорожных платформах не понесла существенных потерь, т.е. наша победа в этом сражении бесспорна!» [12].

Из воспоминаний академика В.А. Котельникова: «Как показывают документы, в нашей стране мысль о возможности практического применения радиолокации была высказана П.К. Ощепковым в 1932 г. Специалисты Советского Союза в 1934 году разработали не только основополагающие идеи в области радиообнаружения, но и создали аппаратуру, которая прошла испытания по реальным воздушным объектам... Никаких известий о подобных работах из-за рубежа тогда не поступало» [9].

Практическая реализация достижений отечественных учёных в области радиолокации столкнулась с трудностями. «Ведомственная неразбериха, частые реорганизации научных подразделений Наркомата обороны и промышленности и т.п. не позволили оперативно развернуть серийное производство первых станций радиообнаружения самолётов и ускорить создание импульсной радиолокации» [9].

Группе сотрудников ЛФТИ Ю.Б. Кобзареву, П.А. Погорелко и Н.Я. Черенцову в 1940 г. была присуждена Сталинская премия 2-й степени за научно-технический вклад в создании первых станций дальнего обнаружения самолётов.

## Финансирование

Финансирование работы осуществляется в рамках Государственного задания №075-01351-23ПР на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов от 27 декабря 2022 года Санкт-Петербургскому научному центру РАН, тема FWGF-2019-0001.

## Литература

1. *Климович Е.С., Гладков А.А.* Из истории отечественной радиолокации. Первые отечественные РЛС дальнего обнаружения // *Техника и вооружение*, 2007, № 8. – С. 2 – 7.
2. *Лобанов М.М.* Начало советской радиолокации. – М.: Советское радио, 1975 – 286 с.
3. *Говорухин В.П., Родионов В.А., Рыкова Е.В.* О приоритете достижений отечественных учёных в области создания первых образцов радиолокационной техники // *Труды Всероссийской НПК «IV Феодосийские научные чтения»*. – Феодосия: МБУК ФМД, «Арт-Лайф», 2017. – С. 224 – 229.
4. *Шнейдер Э.* Итоги Второй мировой войны. – СПб.: Полигон; М.: АСТ, 1998.
5. *Brown L.* Radar History of World War II. Technical and Military Imperatives – Bristol: Institute of Physics Publishing, 1999. – ISBN 0-7503-0659-9.

6. Первый радиолокатор построили в СССР! – URL: <http://dzen.ru/a/XLyB565POACyMi8T> (дата обращения: 25.02.2023).
7. *Ощепков П.К.* Современные проблемы развития техники противовоздушной обороны // Противовоздушная оборона, 1934, Сборник № 2. – С. 23 – 28.
8. Из истории радиолокации и радионавигации. Исторический раздел сайта кафедры 401 МАИ. – URL: <http://hist.rloc.ru> (дата обращения: 25.02.2023).
9. *Попов Г.П., Старцев Г.В.* Радиоэлектроника на флоте вчера и сегодня. – М.: Воениздат, 1993. – 240 с.
10. Исторический формуляр 16-й радиотехнической бригады (в/ч 95105). Сайт ветеранов 8-й отдельной армии ПВО. – URL: <http://8oarvo.net> (дата обращения: 25.02.2023).
11. *Гончаров В.* Самая крупная жертва люфтваффе на Востоке. – URL: <https://warspot.ru/11694-samaya-krupnaya-zhertva-lyuftvaffe-na-vostoke> (дата обращения: 25.02.2023).
12. Бомбардировка Кронштадта / Ленинград: подвиг духа. – URL: [http://likt590.ru/project/podvig/2\\_41\\_3-kron.htm](http://likt590.ru/project/podvig/2_41_3-kron.htm) (дата обращения 25.02.2023).

## 2.7. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 004.94

DOI/10.48612/spbrc/zv9d-f2eg-8flz

#### Геоинформационные системы для управления морской деятельностью

*П.Н. Волгин<sup>1)</sup>, В.П. Говорухин<sup>2)</sup>, В.А. Родионов<sup>2)</sup>,  
Н.Н. Ильина<sup>2)</sup>, М.И. Орлова<sup>2)</sup>*

<sup>1)</sup> Акционерное общество «СПИИРАН – Научно-Техническое Бюро Высоких Технологий» (СПИИРАН – НТБВТ)  
199178, Санкт-Петербург, 16-я линия В.О., дом 37

<sup>2)</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5

#### Введение

Эффективное решение широкого комплекса задач по обеспечению непрерывного всеобъемлющего процесса управления морской деятельностью в различных районах морей и океанов требует постоянного совершенствования и развития применяемых в системах управления морской деятельностью геоинформационных технологий. Наряду с такими направлениями совершенствования геоинформационных технологий, как расширение информационных возможностей электронных и цифровых карт, визуального представления данных, создание систем пространственно-временных моделей, важное место занимает проблема поддержки принятия решений. Один из путей решения этой проблемы – сочетание возможностей объективных методов обоснования решений, базирующихся на современном математическом аппарате, с возможностями, предоставляемыми геоинформационными системами (ГИС).

Объективный рост и глобализация всех видов деятельности на море, качественное увеличение интенсивности и оборота морских транспортных потоков, изменение масштабов компьютеризации и мониторинга самых различных геопространственных процессов деятельности на море требуют постоянного совершенствования системы управления этой деятельностью. Основой такого совершенствования может служить, наряду с использованием традиционных методов познания управляемых процессов, широкое внедрение в практику управления

морской деятельностью современных информационных технологий и, прежде всего, геоинформационных систем [1].

Применение геоинформационных технологий позволяет резко увеличить оперативность и качество работы с пространственно-распределенной информацией. Особым направлением в развитии геоинформационных технологий является применение методов и средств искусственного интеллекта для расширения их функциональных возможностей.

В настоящей статье представлен интегративный подход информационной поддержки принятия решений на примере процесса управления морской деятельностью.

## **1. Необходимость познания закономерностей управляемых процессов**

С развитием общества все чаще, особенно начиная с конца XVIII и начала XIX веков, имели место случаи, когда необходимый опыт управления сложными процессами отсутствовал вообще, что характерно не только для морской деятельности, но также и для многих других сфер деятельности людей. Это привело к появлению нового инструмента исследования – моделирования. Моделирование используется для познания предметов, явлений, процессов, непосредственное исследование которых по каким-либо причинам невозможно. В различных формах оно применяется во многих областях человеческой деятельности. Возможности, открывшиеся с достижениями математики в конце XIX века, а также возникшая необходимость компенсировать ограниченность существовавших ранее методов раскрытия закономерностей вызвала появление еще одного инструмента исследования – математического моделирования. Одной из причин, которая способствовала широкому внедрению методов математического моделирования в практику управления – это *острое противоречие между потребностью увеличивать время для выработки обоснованных решений, планов реализации этих решений, с одной стороны, и необходимостью сокращать это время, увеличивая темпы реальной реализации управляемого процесса, с другой стороны.*

Под управляемыми процессами в статье понимаются как процессы управления морской деятельностью и различными структурами и объектами морской деятельности (рис. 1), так и процессы свойственные научно-исследовательским и проектно-конструкторским работам, проводимым в интересах этой сферы деятельности.

Использование в практике управления методов математического моделирования, электронно-вычислительной техники и других технических средств автоматизации управления позволило [2]:

– в значительной мере приблизиться к снижению остроты рассмотренного выше противоречия процесса управления;

– стать основой для появления и широкого внедрения в практику управленческой деятельности современных информационных технологий.

В современных условиях непрерывно происходит процесс дальнейшей эволюции методов познания управляемых процессов на основе включения в их состав методов компьютерного моделирования с учетом возможностей, предоставляемых современными информационными технологиями (рис. 2), являющимися важнейшей материальной основой и составляющей всего процесса управления.



Изучение мирового океана



Добыча углеводородов



Военно-морская деятельность



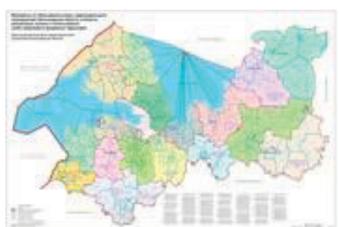
Морской транспорт



Рыболовство



Пограничная деятельность



Природоохранная деятельность



Энергетика



Намыв территорий и строительство

Рис. 1. Различные сферы морской деятельности

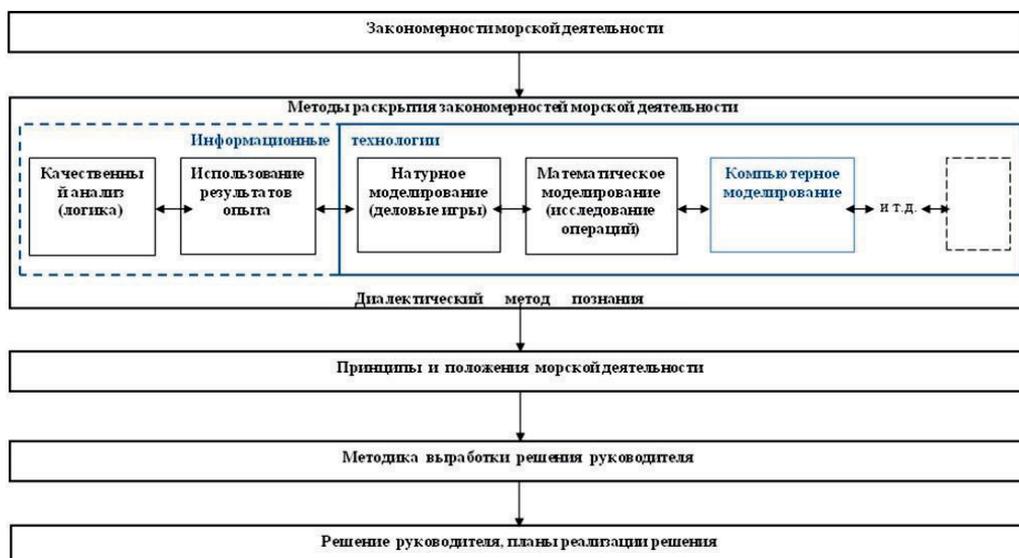


Рис. 2. Место информационных технологий, среди методов раскрытия закономерностей процессов управления

## 2. Современные информационные технологии процесса управления

К числу современных информационных технологий, которые нашли широкое применение в практике управления в различных сферах морской деятельности и которые также оказывают существенное влияние на обеспечение возможностей разрешить сформулированное выше противоречие управленческой деятельности, можно отнести:

- объектно-ориентированное моделирование;
- систему онтологии;
- информационно-телекоммуникационные технологии;
- технологии баз данных и знаний;
- геоинформационные технологии.

Информационные технологии предоставляют широкий спектр функциональных возможностей, необходимых как для познания закономерностей управляемых процессов, так и для всего процесса управления в целом, обеспечивая реальность времени его реализации и необходимую цикличность. Информационные технологии обеспечивает выполнение разнообразных функций, необходимых для осуществления управления и познания закономерностей управляемых процессов.

Объектно-ориентированное моделирование (ООМ) обеспечивает ряд существенных преимуществ при создании, совершенствовании и применении программно-технической составляющей систем управления:

– использование объектного подхода существенно повышает уровень унификации разработки и пригодность для повторного использования уже созданных и подтвердивших свою работоспособность моделей;

– использование ООМ приводит к построению систем на основе стабильных промежуточных описаний, что упрощает процесс внесения изменений. Это дает возможность системе развиваться постепенно и не приводит к полной ее переработке даже в случае существенных изменений исходных требований;

– объектно-ориентированные модели часто получаются более компактными. Это означает не только уменьшение объема кода программ, но и удешевление проекта за счет использования предыдущих разработок, что дает выигрыш в стоимости и во времени;

– объектная модель снижает риск разработки сложных систем за счет четко определенных этапов проектирования и интеграции процесса создания модели, который растягивается на все время разработки, а не превращается в единовременное событие;

– объектная модель позволяет в полной мере использовать выразительные возможности современных объектно-ориентированных языков программирования.

Объектная форма представления наилучшим образом отвечает задачам компьютерного моделирования, так как позволяет поставить в однозначное соответствие каждому предмету, явлению или процессу реального мира и их отношениям соответствующий информационный аналог. К таким функциям, с учетом всего спектра информационных технологий, можно отнести:

– возможность расширения (изменения) предметной области моделирования и её содержания;

– определение понятийно-терминологического аппарата, единого для предметной области и используемой (создаваемой) системой моделирования (онтология);

– всестороннее информационное обеспечение процесса моделирования и процесса управления (онтология и технология баз данных и знаний).

– пространственно-временная интерпретация реальных процессов (геоинформационные технологии);

– требуемый уровень визуализации моделируемого процесса, результатов моделирования (геоинформационные технологии);

– доступ к удаленным информационным и вычислительным ресурсам (информационно-телекоммуникационные технологии).

Среди современных информационных технологий, используемых для познания закономерностей управляемых процессов, важное место занимает система онтологии. Онтология обеспечивает (рис. 3):

- возможность описания предметной области;
- разделение постоянной и переменной информации об объектах, использование одного и того же объекта в разных темах;
- универсальный механизм отношений;
- сохранение истории состояний свойств объектов;
- множественное наследование;
- фильтрацию информации для различных пользователей.

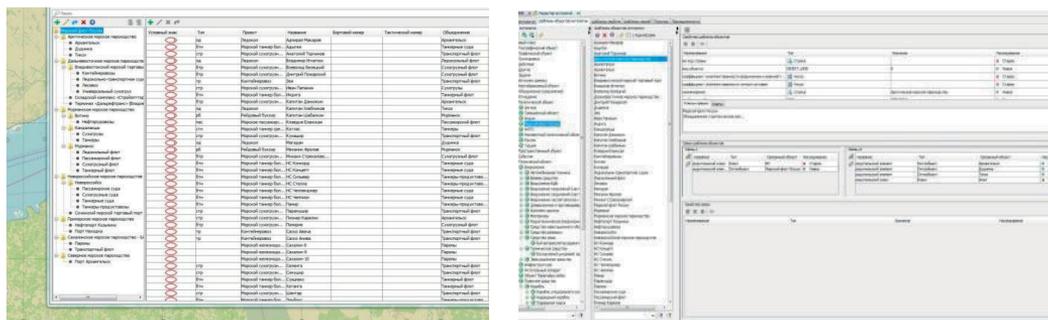


Рис. 3. Возможность описания предметной области. Универсальный механизм отношений. Использование объекта в разных темах. Множественное наследование

Информационно-телекоммуникационные технологии – это обобщающее понятие, описывающее различные методы, способы и алгоритмы преобразования, передачи и сбора информации. Ими обеспечивается возможность использования в интересах, в том числе и познания закономерностей управляемых процессов, огромной совокупности пространственно-распределенных информационных ресурсов (рис. 4), что очень важно при анализе условий (обстановки) и управлении различными видами морской деятельности.

Придание глобального характера информационно-телекоммуникационной подсистеме, например, в составе системы мониторинга морской обстановки в Арктическом регионе, способна обеспечить система космической связи (рис. 5).

Система онтологии, наряду с реализацией возможности структурированного описания и предметной области, выполняет также важную роль в процессе создания и сопровождения баз данных и баз знаний. Вместе с тем, наиболее качественно решение проблемы гармонизации, интеграции и слияния данных в современных системах мониторинга морской обстановки может быть обеспечено на основе использования геоинформационных технологий.

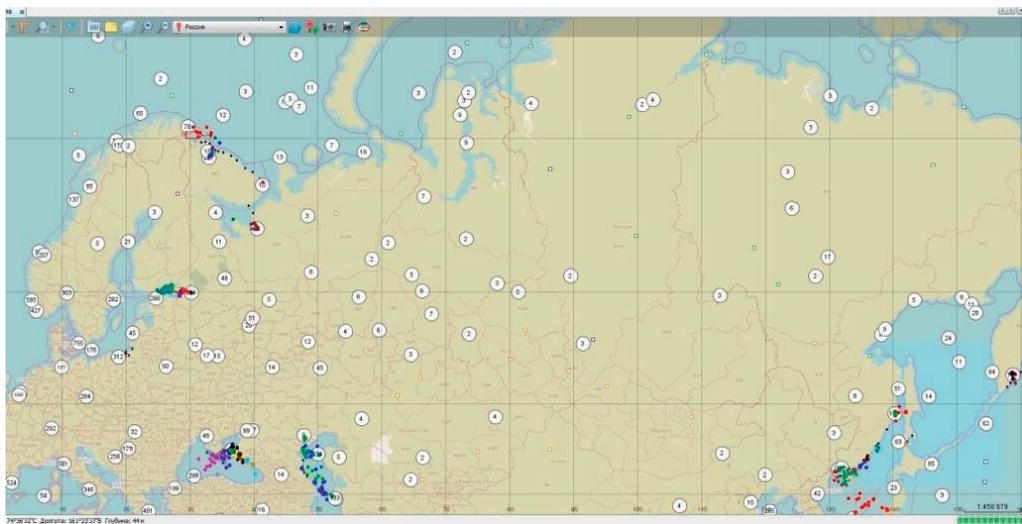


Рис. 4. Информация о морском и речном судоходстве, получаемая в on-line режиме от АИС и других систем мониторинга морской обстановки

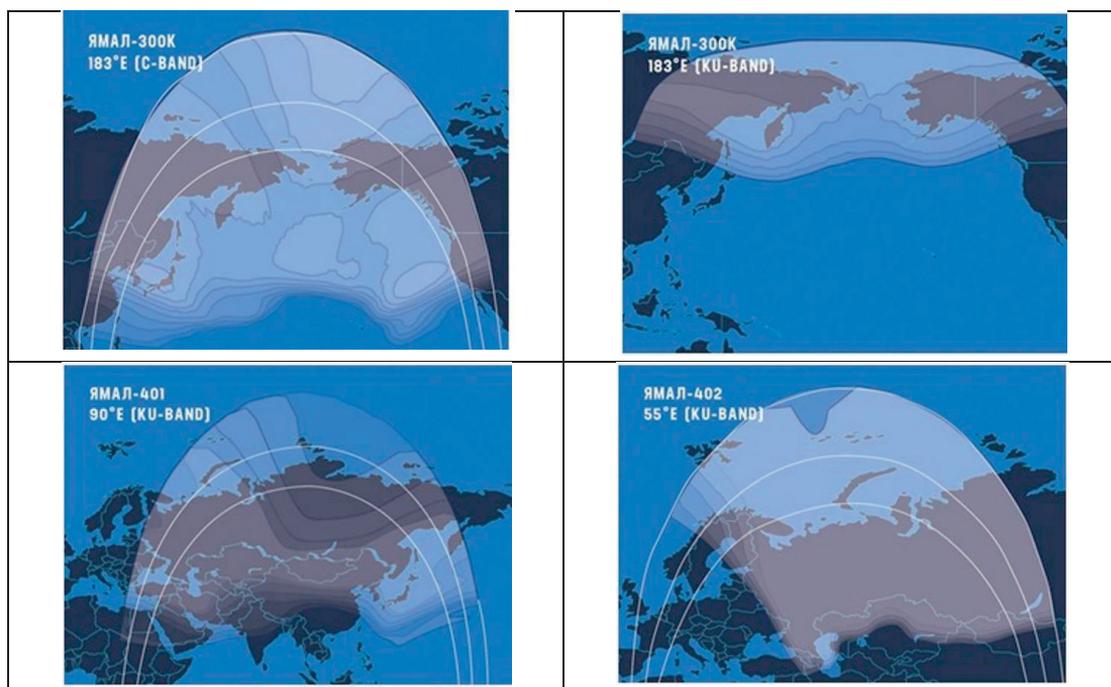


Рис. 5. Зоны покрытия Арктического региона спутниками «Ямал»

### 3. Геоинформационные системы

Современный уровень требований к процессу познания закономерностей управляемых процессов морской деятельности предполагает автоматизированную, на основе совокупности математических моделей, поддержку лиц, принимающих решения, т.е. выработку в реальном масштабе времени обоснованных рекомендаций по принятию ситуационных решений, на основании обработки предметной информации, поступающей от различных источников информации. При этом, требуется, чтобы все прикладные программные средства, используемые для выработки рекомендаций, были интегрированы между собой, сами рекомендации выдавались пользователю в эргономичной с точки зрения восприятия визуализации форме, требующей минимальных затрат времени для их смысловой интерпретации.

Базисной основой для автоматизации процесса познания закономерностей морской деятельности стали геоинформационные технологии и системы, в которые интегрируются другие программные средства поддержки принятия решений [3]. В практике применения геоинформационных технологий используется пространственная и временная интеграция массивов данных, которые визуализируются в соответствии с целями процесса исследований. Кроме того, применение геоинформационных технологий позволяет резко увеличить оперативность и качество работы с пространственно-распределенной информацией.

Информация об исследуемых процессах и (или) объектах хранится в виде набора тематических слоев в базах данных, связанных с этими слоями (рис. 6).

Развитие и эффективность использования геоинформационных систем (ГИС) в составе прикладного программного обеспечения системы управления морской деятельностью неразрывно связано с проблематикой источника данных для геоинформационной системы. Можно выделить три принципиально различных источника данных для ГИС:

- источники картографических данных;
- источники данных о прикладных пространственных процессах;
- источники вспомогательных данных.

Использование этих источников картографических данных должно быть ориентировано на основные особенности разработки, функционирования и совершенствования системы представления данных морской обстановки.

Источниками данных для ГИС могут быть: карты и планы, данные полевых измерений, данные дистанционного зондирования Земли, различные табличные данные, данные статистических исследований, фотографии, видеосъемка и т.д. (рис. 7).

В 2011 году Международной гидрографической организацией (МГО) была одобрена спецификация продукта для электронных навигационных карт S-101,

основанная на универсальной гидрографической модели S-100 [4], вместо формата S-57.

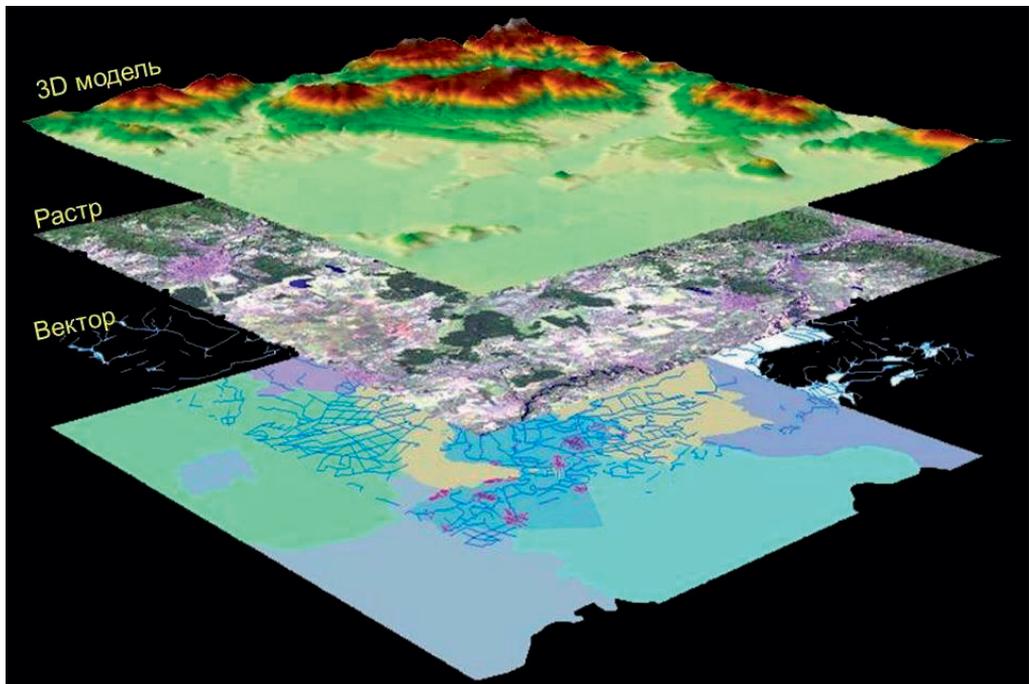


Рис. 6. Тематические слои ГИС (вариант)

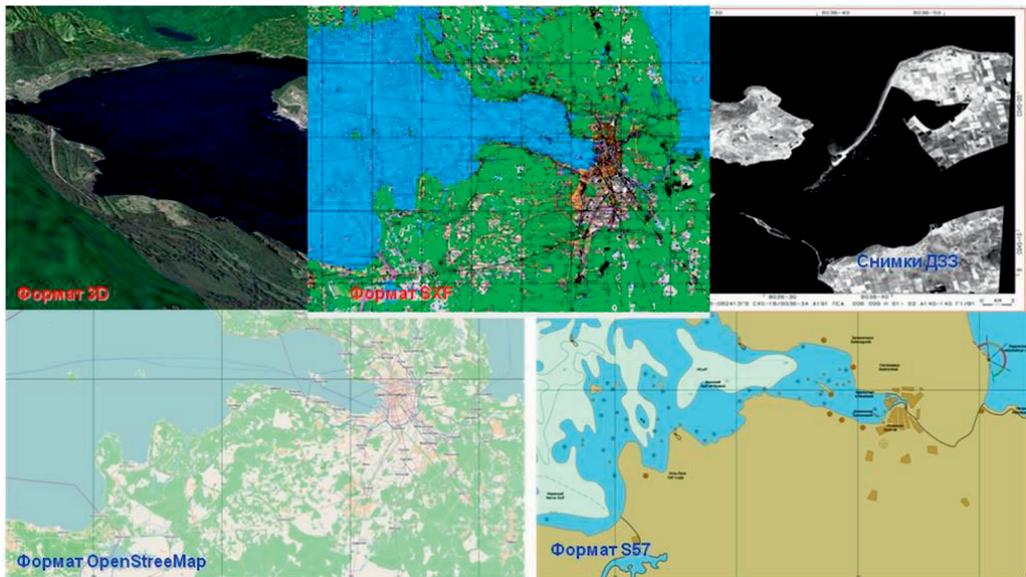


Рис. 7. Источники картографических данных для ГИС

#### **4. Моделирование процессов морской деятельности с использованием математических методов и информационных технологий**

В современных условиях в качестве основных методов исследования закономерностей процессов морской деятельности и управления ими, как правило, применяют два типа математических моделей: аналитические и имитационные. В аналитических моделях поведение реальных процессов и систем задается в виде явных функциональных зависимостей. Получить эти зависимости удастся только для сравнительно простых реальных процессов и систем. В случае исследования сложных, многообразных, динамичных систем, приходится использовать их упрощенные представления. Поскольку системы мониторинга морской обстановки относятся к сложным пространственно-распределенным динамическим системам, в исследовательских целях наряду с аналитическими методами моделирования часто применяют имитационное моделирование.

Среди неоспоримых достоинств имитационного моделирования:

- возможность описания поведения компонентов (элементов) сложных процессов или систем на высоком уровне детализации;
- отсутствие ограничений между параметрами имитационной модели и состоянием внешней среды реальных процессов и систем;
- простота реализации функции пространственно-временной интерпретации реального процесса;
- возможность адаптации имитационных моделей к новым целям, задачам и содержанию деятельности систем мониторинга морской обстановки;
- обеспечение необходимого уровня визуализации имитируемого процесса на основе использования геоинформационных систем, 2D и 3D форматов карт;
- возможность исследования динамики взаимодействия параметров и компонентов исследуемых процессов системы во времени и пространстве их функционирования;
- целесообразность и эффективность использования методов имитационного моделирования как на этапе создания и совершенствования системы мониторинга морской обстановки, так и при её функционировании, в составе специального программного обеспечения этой системы.

С имитационными моделями обычно связывают требование иллюстрации их поведения с помощью принятых в данной прикладной области, графических образов, включая использование геоинформационных технологий (рис. 8).

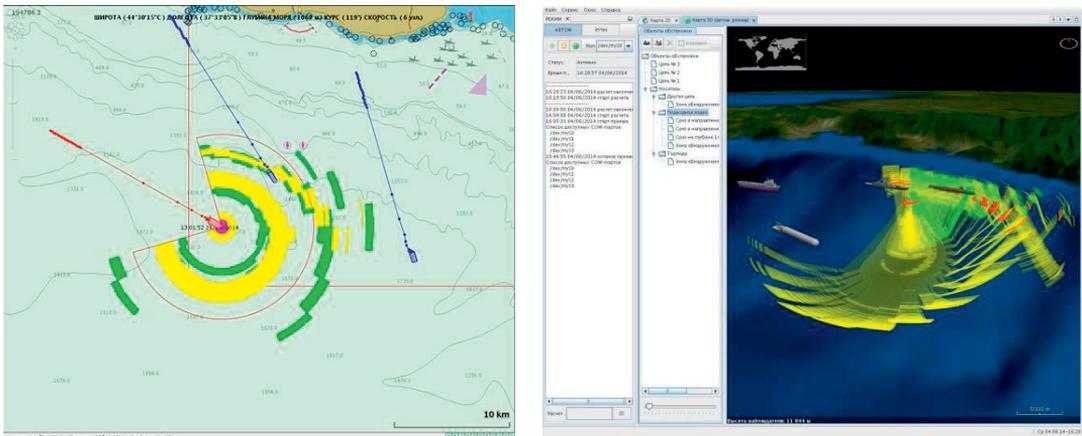


Рис. 8. Визуализация процесса имитационного моделирования с использованием геоинформационных технологий

Использование современных информационных и геоинформационных технологий и современных методов математического моделирования было положено в основу создания и применения морского обучающего тренажера на основе программного комплекса информационной поддержки «ОНТОМАП-В1» (рис. 9).



Рис. 9. Структура программного комплекса информационной поддержки «ОНТОМАП-В1»

## Заключение

В заключении необходимо отметить, что особым, современным направлением в развитии геоинформационных технологий в сфере мониторинга морской обстановки и управления морской деятельностью является применение методов и средств искусственного интеллекта, расширяющих функциональные возможности традиционных ГИС. Для этого процессы разработка и функционирование системы управления морской деятельностью, основанной на технологиях геоинформационных систем, должны учитывать и обеспечивать следующие основные требования [5]:

- полный и легкий доступ к информации;
- легкость сопровождения и модификации при изменении требований к работающим приложениям;
- открытость архитектуры для интеграции дополнительных функциональных модулей;
- поддержка различных стандартов форматов данных;
- высокая степень повторного использования исходного кода и других информационных ресурсов приложений;
- динамическая настройка системы на предметную область без дополнительного программирования и перекомпиляции;
- встроенная система логического вывода и интерпретации сценариев;
- базы знаний на основе онтологий;
- общность архитектуры системы как для работы на автономных компьютерах, так и в локальных и глобальных вычислительных сетях.

Реализация вышеизложенных требований в ГИС позволяет рассматривать ее как интеллектуальную систему, в составе системы управления морской деятельностью, с новыми качественными свойствами.

Публикация подготовлена в рамках выполнения Государственного задания Минобрнауки России № 075-01351-23ПР на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов от 27 декабря 2022 года Санкт-Петербургскому научному центру РАН, тема FWGF-2019-0001 (В.П. Говорухин, В.А. Родионов, Н.Н. Ильина и М.И. Орлова).

## Литература

1. *Volgin P.N.* Information Technologies: Modern Approach to Evolution of Methods of Obtaining Knowledge About Controlled Processes. The 9-th International Symposium «Information Fusion and Intelligent Geographic Information Systems» (IF&IGIS'19), Computational and Algorithmic Advances, 22-24 May 2019, St. Petersburg, Russia.

2. *Волгин Н.С.* Некоторые соображения о методологии познания закономерностей управляемых процессов и её эволюция. // Сборник «Наука Санкт-Петербурга и морская мощь России». – СПб.: «Наука», 2002, Т. 2, с. 867 – 883.
3. *Волгин П.Н., Родионов В.А., Говорухин В.П., Ильина Н.Н.* Современные информационные технологии имитационного моделирования в системах мониторинга морской обстановки. // Сборник «Фундаментальная наука – Военно-Морскому Флоту». – СПб.: СПбГЭУ, 2021 – С. 54 – 61.
4. ИНО S-101 Universal hydrographic data model. Edition 1/0/0 – December 2018.
5. Программный комплекс «Онтомап-В1». – URL: <https://ntbvt.ru/ontomup-b1/> (дата обращения 25.02.2023).

## **Обрастатели – источники биопомех объектов энергетики в техногенно-трансформированных континентальных и прибрежных морских водоёмах Европейской части Российской Федерации**

*М.И. Орлова<sup>1,2)</sup>, Е.В. Строгова<sup>1)</sup>*

<sup>1)</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5

<sup>2)</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Зоологический институт Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 1

### **Введение**

Один из актуальных аспектов конфликтного взаимодействия Природы и Человека заключается в таком отклике биосферы на антропогенное воздействие, как использование объектов техногенного происхождения объектами природными. Наиболее наглядно и масштабно этот аспект демонстрируют процессы стихийного антропогенного расселения представителей разных царств живых организмов (биологические инвазии<sup>1)</sup> с транспортом, например, водным, и колонизация организмами-обрастателями морских, береговых и сухопутных структур, обеспечивающих работу реального сектора экономики и оборонного сектора. Нарастание темпов и масштабов обоих процессов [1, 2 и др.] определяется стремлением всего живого к экспансии [3]; стратегическими особенностями конкретных (как правило, пионерных) видов<sup>2)</sup>; комплексом причин смешанного генезиса – самой деятельностью человека, следствием которой становится снятие географических и экологических барьеров, создание новых техногенных местообитаний, на фон естественных погодных и климатических, геоморфологических изменений, способностью организмов адаптироваться к новым условиям окружающей среды.

Изучение биологии практически значимых чужеродных и аборигенных видов водных животных и растений, способных, с одной стороны, играть в водных экосистемах роль эдификаторов, создающих микроместообитания и пищевые ресурсы для других гидробионтов и положительно влиять на формирование качества воды, а с другой, осваивать и массово развиваться на наружных и внутренних поверхностях рукотворных объектов, имеет своей прикладной задачей создание научно-обоснованного подхода к адекватному использованию природного капитала, с одной

стороны, и к упреждению вызовов для технологической безопасности страны со стороны гидробионтов, с другой. Например, таких вызовов, как биопомехи<sup>3</sup> и биоповреждения<sup>3</sup>, угрожающих системам технического водоснабжения и охлаждения предприятий энергетики и промышленности, использующих воду природных и искусственных водоёмов и формирующих техноэкосистемы<sup>4</sup> в совокупности с этими водоёмами.

В 2022 г. в рамках направления «Экология и природные ресурсы» в СПбНЦ РАН была проведена сравнительная оценка успеха колонизации техногенных объектов, расположенных в континентальных водоёмах, двумя наиболее успешными группами обрастателей – представителями родов *Dreissena* (двустворчатые моллюски, *унитарные организмы*) и *Plumatella* (покрыторотые мшанки, *модульные организмы*). Исследование заключалось в обобщении информации открытых источников, накопленных фондовых материалов СПбНЦ РАН и результатов полевых наблюдений и экспериментальных работ, выполненных главным образом в 2012-2021 гг. на выборке разнотипных географических объектов – небольших континентальных водоёмов и участка прибрежного морского водоёма – Копорской Губы Финского залива Балтийского моря. Эти водоёмы используются в качестве источника водоснабжения для объектов традиционной энергетики – атомных электростанций (АЭС) (рис. 1). В качестве типичного примера техногенного объекта выбрана открытая системы технического водоснабжения (СТВ) и охлаждения, включающая в себя и водоём<sup>4</sup>.

## 1. Состав и распространение источников биопомех

### 1.1. Общая характеристика

Исследования показали распространение в 2012-2021 гг. в выборке (рис. 1) водных организмов, являющихся и непосредственно источниками<sup>5</sup> биопомех в результате формирования ими обрастания<sup>5</sup> и наносов, и способствующих развитию таковых. Всего, в общей сложности, выявлено 26 биологических объектов: видов, крупных таксономических групп и экологических группировок автотрофных и гетеротрофных живых организмов (состав ассоциаций биоплёнки и бактериально-водорослевых матов не рассматривался).

Среди гетеротрофных источников биопомех по разнообразию преобладали водные беспозвоночные, унитарные и модульные, включая виды, отнесённые к 100 наиболее опасным [4] из числа расселяющихся по Российской Федерации (двустворчатые моллюски: понто-каспийские дрейссена речная *Dreissena polymorpha*, дрейссена бугская *D. bugensis*, два вида, ведущих своё происхождение из атлантических прибрежных вод центральной Америки – ложная мидия *Mytilopsis leucophaeta* (Dreissenidae) и рангия клиновидная *Rangia cuneata* (Mactridae),

североатлантический усонгий рачок *Amphibalanus improvisus*). Среди автотрофных организмов обычны зелёные нитчатые водоросли, цианобактерии – планктонные и гетеротопные, после аномального цветения которых усиливается формирование отложений на технических поверхностях, регистрируется внесезонное пробуждение покоящихся стадий обрастателей беспозвоночных, способных к вегетативному размножению ([5] и подраздел 2.2).

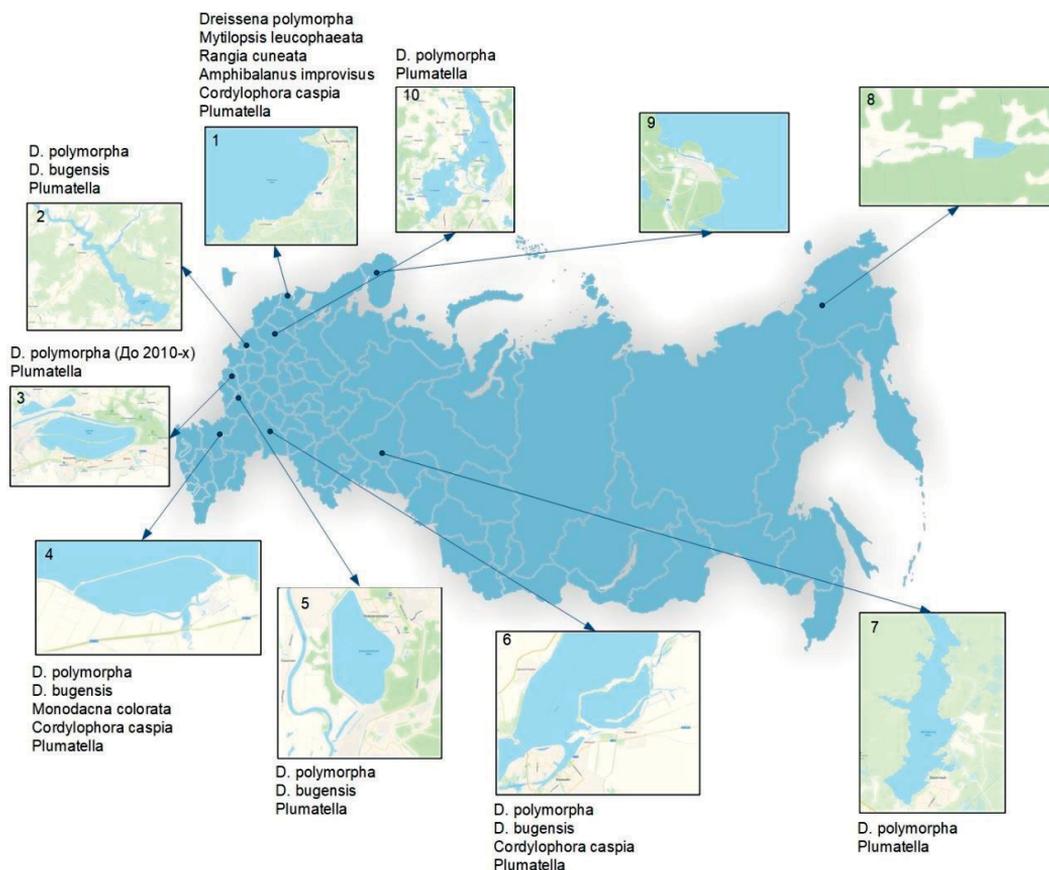


Рис. 1. Выборка водных объектов – источников водоснабжения АЭС Российской Федерации [6] и распространение в них унитарных (двустворчатые моллюски (сем. Dreissenidae: *Dreissena polymorpha*, *D. bugensis*, *Mytilopsis leucophaeata*; сем. Mactridae: *Rangia cuneata*; сем. Cardiidae: *Monodacna colorata*, усонogie ракообразные – *Amphibalanus improvisus*) и модульных (колониальные гидроидные полипы – *Cordylophora caspia*, мшанки – род *Plumatella*) водных беспозвоночных, способных к быстрой колонизации систем технического водоснабжения объектов промышленности и энергетики.

Цифровые обозначения: 1. Копорская Губа (восточная часть Финского залива Балтийского моря); 2 – водохранилище в русле р. Десна; 3 – наливной водоём в русле и долине р. Сейм; 4 – отсечной водоём, Цимлянское водохранилище; 5 – р. Дон и наливной искусственный водоём, запитываемый из р. Дон; 6 – отсечной водоём, Саратовское водохранилище; 7 – водохранилище в русле р. Пышма; 8 – водохранилище в русле ручья Поннеурген; 9 – оз. Имандра; 10 – Система озёр Удомля (тектоническое) Песьво (термокарстовое)

Наиболее широкое распространение в исследованной выборке (8 водных объектов из 10) получили упоминавшиеся выше двустворчатые моллюски-обрастатели семейства дрейссеновых (*D. polymorpha* (7 водоёмов, до 2010-х – 8), *D. bugensis* (4 водоёма), *Mytilopsis leucophaeta* (1 водоём)). Все 3 представителя семейства, имея различное происхождение, продолжают расселяться по пресным и солоноватым водоёмам Голарктики, включая техногенно-трансформированные, где становятся, с одной стороны, важным компонентом живых сообществ (рис. 2), с другой, – проблемой при эксплуатации технических объектов [2, 7].

Модульных организмов в исследованных техноэкосистемах обнаружено в общей сложности 6 видов. Это колониальный гидроидный полип *Cordylophora caspia*, освоивший два высокоминерализованных континентальных водоёма выборки (рис. 1) и Финской залив, где стал частью трофических цепей его естественных сообществ (рис. 2). На значительной части территории выборки встречены пресноводные мшанки, в общей сложности 5 видов [5]. Среди мшанок наибольшего внимания заслуживает род *Plumatella*, представленный и аборигенными видами, и вселенцами. Среди первых – *P. emarginata*. Чужеродными, а возможно, криптическими, следует считать еще 2 вида, сходных с *P. emarginata*, идентифицированных в собранных пробах В.И. Гонтарь [8, 9] – *P. geimermassardi* (Копорская Губа (1 на рис. 1)) и *P. similirepens* (оз. Удомля, 10 – на рис. 1).

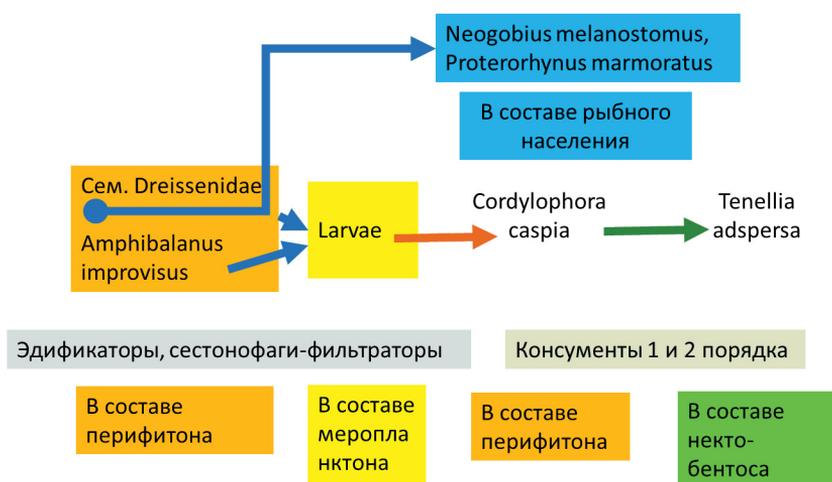


Рис. 2. Пример фрагмента донной трофической сети, который может быть сформирован вселенцами в континентальных водоёмах и который реализован в олигогалинных условиях Финского залива. Его основа состоит из видов-вселенцев – экосистемных инженеров – двустворчатых моллюсков-обрастателей сем. Dreissenidae и колониального гидроидного полипа *Cordylophora caspia* и связанных с ними трофически и топически потребителей *C. caspia* голожаберного моллюска *Tenellia adspersa* и рыб-бентофагов черноротого бычка (*Neogobius melanostomus*), использующего в пищу моллюсков-обрастателей, и хищного бычка-цуцка (*Proterorhynchus marmoratus*) (из [14])

Наиболее распространённым источником биопомех в исследуемые годы был род *Dreissena* (рис. 1, 3 А, Д). Этот род инвазионных пресноводных двустворчатых моллюсков имеет, несмотря на обитание в континентальных водоёмах, морской жизненный цикл с личинкой (рис. 3 Д), что сближает его с типичным морским прибрежным видом *Amphibalanus improvisus* (рис. 1, рис. 3 Б, Е). Дрейссена продолжает оставаться в фокусе внимания хозяйственников и исследователей. Именно на неё уже почти 30 лет ориентированы современные программы реагирования и профилактики развития обрастания в континентальных водоёмах [2, 10], включая российскую энергетику [11, 12].



А – поселение Dreissenidae и *Plumatella* на подводных водозаборных сооружениях (фото М.И. Орловой) и отдельные особи двух видов *Dreissena* (фото Т. Nalera)



Б – морские жёлуди (*A. improvisus*) в донных биотопах Финского залива (фото Ю.А. Зуева, С.В. Голдина, М.И. Орловой)



В – формирование колонии *S. caspia* на экспериментальной пластине (фото М.И. Орловой)



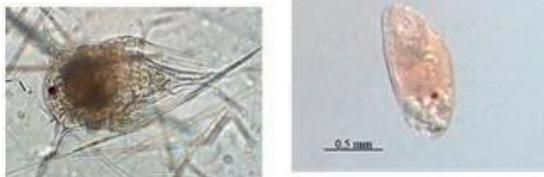
Г – колония мшанки невооружённым глазом и с увеличением с просвечивающими статобластами (*P. geimermassardi*), под микроскопом) (фото М.И. Орловой).

Д



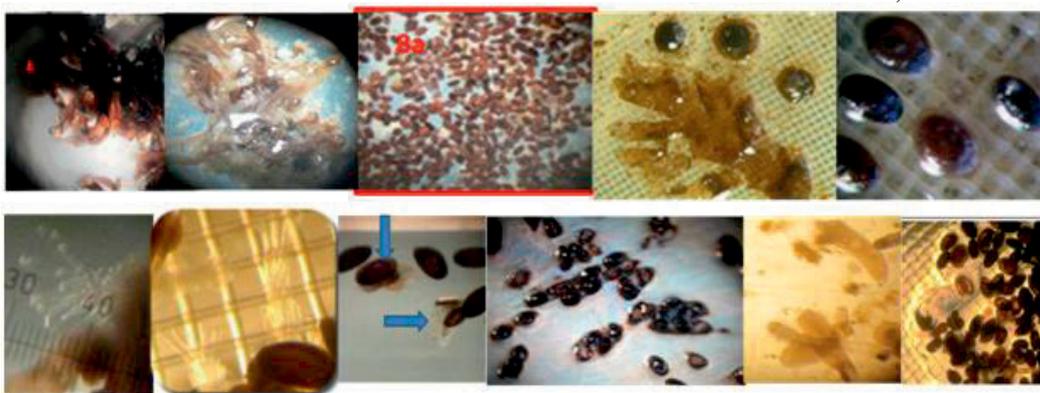
Д – Личинки представителей сем. Dreissenidae - слева велигер *D. polymorpha*, в центре велигер *M. leucophaeata* – оба с развитыми макушками, справа велигер *M. leucophaeata* D-стадия (идентфикация и фотографии Л.П. Флячинской)

Е



Е – личинка морского жёлудя Баянуса – науплиус (слева) и циприсовидная личинка (справа) (из <https://wikipedia.tel/%D0%91%D0%B0%D0%BB%D1%8F%D0%BD%D1%83%D1%81%D1%8B>)

Ж



Ж – расселительные (унитарные) и модульные стадии *Plumatella* слева-направо: зоид-основатель колонии *P. geimemassardi*; зоид *P. emarginata*, выходящий из живого статобласта; то же в фиксированной пробе; тот же вид – сессобласты на экспериментальной пластине, возможно, тот же вид, зооиды со втянутыми цистидами; тот же вид – флотирующие агрегации статобластов и выплывающих зооидов (фото Е.В. Строговой и М.И. Орловой)

Рис. 3. Основные группы обрастателей – унитарных и модульных беспозвоночных выборки водоёмов. Сессильные особи (взрослые для унитарных организмов, колонии для модульных) (А-Г) и расселительная часть метапопуляций тех же видов (вагильные) особи или их группы (Д-Ж)

Модульным организмам на объектах, расположенных в континентальных водоёмах, до недавнего времени внимания, как выяснилось, уделялось недостаточно [13]. В незначительном количестве в техническом обрастании такие организмы, например, как пресноводные покрыторотые мшанки рода *Plumatella* (рис. 3 Г, Ж), способные как к половому, так и к вегетативному размножению и имеющие в результате вегетативного размножения специфическую расселительную стадию, покоящуюся почку, статобласт, представленную двумя типами особей (рис. 3 З, рис. 4), лишь отмечались наблюдателями. Мшанки вполне обычны в составе

технического обрастания, однако, чаще всего из-за незначительного количественного развития, им не придают большого значения, хотя возможны и исключения (см. подраздел 1.2). Массового развития может достигать и колониальный гидроидный полип *C. caspia* (рис. 3 Г), который, за редким исключением [13] также пока не принимается во внимание.

## 1.2. Причины развития и тенденции в изменении состава обрастателей в исследованной выборке техноэкосистем

Водоём, формирующий вместе с АЭС единую техноэкосистему<sup>4</sup>, являясь открытой частью такой системы, предрасположен к развитию в нём теплолюбивых пионерных массовых видов гидробионтов, способных быстро и эффективно осваивать нарушенные местообитания<sup>2</sup>. Причины предрасположенности – рост температуры воды и, как следствие, удлинение вегетационного сезона; дополнительная циркуляция вод и дополнительный приток биогенов и органического вещества из разных источников, включая ресуспензию из донных отложений, усиливающуюся за счёт циркуляции; создание искусственных (дополнительных) твердых субстратов (отсыпки, поверхности оборудования; ведение аквакультуры, биомелиоративных и биоремедиационных мероприятий (альголизация, [15]). Закрытая часть техноэкосистемы, то есть собственно объект энергетики, исходно обладающая значительной протяженностью искусственных поверхностей, омываемых водой, при протекании перечисленных процессов в водоёме становится благоприятным местообитанием для прикрепленных видов, имеющих расселительные стадии, нетребовательных к пище и способных к питанию из водной толщи (фильтраторы, в меньшей зоопланктофаги).

В период 2012-2021 гг. основными тенденциями в исследуемой выборке (рис. 1) были: возрастание роли автотрофных организмов, географическое расширение ареала дрейссены, обнаружение новых видов – потенциальных источников биопомех, включая два вида мшанки р. *Plumatella*.

На значительной части объектов выборки регистрировалось устойчивое присутствие на экспериментальных пластинах (искусственных субстратах) из оргстекла (рис. 3) и металла, экспонируемых в водоёме, мшанки р. *Plumatella*. На одном из объектов, уже начиная с 2010-х гг., отмечено преобладание, а затем абсолютное доминирование мшанки *P. emarginata* над дрейссеной (*D. polymorpha*) с постепенным полным исчезновением дрейссены из водоёма-охладителя при наличии её обычной метапопуляции в подпитывающей водоём реке, где она обитает совместно с двумя видами плюмателлы.

Вполне возможно, что замене дрейссены на мшанку отчасти способствовало применение мер защиты объекта от обрастания, сформированного дрейссеной,

приведшее к устранению дрейссены из местообитаний, доступных обоим обрастателям, и, таким образом, снятия конкурентного воздействия дрейссены на мшанку, обладающую набором особенностей, присущих модульным пресноводным организмам, которые позволили ей быстро освоить освободившееся пространство (разделы 2 и 4).

## **2. Образ жизни и расселение унитарного и модульного обрастателя на примере представителей р. *Dreissena* и *Plumatella***

С 2010-х гг. (см. раздел 1) стала очевидна актуальность прогноза расселения *Plumatella spp.* в техноэкосистемах и пересмотр стратегий предупреждения развития обрастания с учётом того, что применение методов, действенных против дрейссены, может иметь своим побочным эффектом развитие других видов обрастателей<sup>2</sup>.

### **2.1. Общие черты унитарных и модульных беспозвоночных-обрастателей как источников биопомех**

Как эффективность, так и долговременность существования на планете обрастателей, ведущих прикрепленный образ жизни и неспособных на этой стадии своего жизненного цикла существенно менять свое местоположение, предполагает наличие у них свойств, гарантирующих расселение, включая колонизацию новых местообитаний, таких как искусственные системы. Такое свойство у подавляющего их большинства – как унитарных, так и модульных – гетеротопность, то есть существование в виде метапопуляции, часть особей которой обитает в бентали (твёрдые поверхности и дно) водоёма (как правило, поселения прикреплённых взрослых унитарных особей колонии формируют перифитон<sup>3</sup>), а часть, отличающаяся от перифитонных особей кардинально, начиная с морфологии, – обитает в пелагиали (свободноживущие микроскопические пассивно или активно подвижные расселительные особи) (рис. 3 Д-Ж). Именно пелагические популяции, особи которых пребывают в водной толще во взвешенном состоянии и переносятся водными потоками – естественными и техногенными, внутрь технических сооружений и систем, где обеспечивают колонизацию поверхностей *de novo* или пополняют популяции перифитона, уже сформировавшиеся на субстрате, претерпевая после оседания метаморфоз и переходя к донному образу жизни.

Вторая особенность обрастателей, колонизирующих технические объекты, – нетребовательность к источникам питания. Большинство этих видов – фильтраторы, использующие в пищу сестон, который они извлекают из водной толщи различными способами. Таковы наиболее распространенные в выборке водоёмов дрейссена и плюмателла. Часть обрастателей-беспозвоночных – зоопланктофаги, питающиеся

личинками других обрастателей и иными группами зоопланктона, так как это характерно для кордилофоры (*C. caspia*) (рис. 2, 3).

Общность биологических свойств обрастателей, обнаруженных в выборке объектов, – в их высокой устойчивости к различным воздействиям абиотических факторов среды, таких как температура и минерализация воды, способность адаптироваться к изменениям окружающей среды, связанным с эксплуатацией объектов энергетики [16].

На этом принципиальное сходство между двумя группами организмов-обрастателей – типичного унитарного и типичного модульного, обладающего способностью к вегетативному размножению, заканчивается.

## **2.2. Сравнительная характеристика особенностей биологии *Plumatella*, предрасполагающих ее к колонизации техноэкосистем в современных условиях**

Если у дрейссены пелагическая часть метапопуляции представлена только личинками – продуктом рекомбинантного размножения, что характерно для морских обрастателей и видов недавнего морского происхождения, способных заселять и континентальные водоёмы, то у плюмателлы эта часть метапопуляции представлена не только личинками, но также и (или) покоящимися (находящимися в диапаузе и не проявляющие признаков жизни до выхода из состояния покоя) почками – продуктом вегетативного размножения, зооидами-основателями колоний и групповой формой – агрегациями вылупившихся зооидов-основателей колонии (рис. 3, 4). Популяция дрейссены, развивающаяся на субстрате, представлена только активной унитарной формой – результатом метаморфоза личинки (рис. 3, 4), которая формирует группы (агрегации) – друзы, щётки (рис. 3 А). Аналогичная популяция мшанки включает в себя и активных модульных особей (колонии), и зооидов-основателей колоний, и покоящихся унитарных особей – сидячую разновидность статобласта – сессобластов; при наличии на субстрате зрелой колонии – существенная часть статобластов – и сессобластов, и флотобластов – находится внутри нее (рис. 3 и 4 Ж, верхний ряд).

Пребывание в покое занимает существенную часть жизни унитарных вегетативных особей-статобластов, которые в таком состоянии могут переживать неблагоприятные условия, связанные с технологическим циклом, проводимыми противообрастательными мероприятиями и природными явлениями, включая сезонность, будучи уже прикрепленными к поверхности (сессобласты) или переносимыми в потоках воды и в поверхностной плёнке (флотобласты) (рис. 4 Ж).

Факторы перехода спящих статобластов к активной фазе – формированию колонии – пока изучены недостаточно, равно как механизмы и феноменология пробуждения статобластов и реализации ими различных сценариев дальнейшего развития и расселения.

Результаты исследований, выполненных в лабораторных условиях в июне 2017 г. в условиях длинного дня, на флотобластах *P. emarginata*, прошедших яровизацию промораживанием (имитацией естественных условий, инициирующих пробуждение в природной зоне умеренного климата), показали многовариантность их массового (более 70 %) выхода из состояния покоя [17]. Небольшое число (1–5 %) флотобластов *P. geimermassardi* способны к активации без промораживания в год их формирования. Менее 1 % флотобластов *P. emarginata*, прошедших яровизацию промораживанием, удалось активировать в декабре 2016 г., в условиях минимальной длины светового дня.

В выборке водоёмов чаще всего появление растущих колоний регистрируется в первой половине лета, однако, однократно [18] после цветения водоёма цианопрокариотой *Chroococcoides ovalisporum* был отмечен массовый выход сессобластов *P. emarginata* из диапаузы во внеурочное время – осенью. Возможно, цианотоксины являются одним из факторов, способствующих массовому выходу плюмателлы из диапаузы независимо от полноты прохождения фазы покоя.

По-видимому, дополнительное значение в расселении плюмателлы играет транслокация прикреплённой модульной формы при её массовой фрагментации (рис. 3-5). Очевидно, одной из причин фрагментации может быть накопление в колониях зрелых статобластов. Массовая фрагментация зрелых колоний мшанки аналогична наблюдаемому в прибрежье Финского залива массовому всплыванию и отрыву фрагментов зелёных нитчатых водорослей р. *Cladophora* от базальных частей таллома за счет формирования газовых вакуолей перед штормовой погодой, с последующим разносом фрагментов по акватории. Расселение отдельными особями-транслокантами (как правило, молодыми, способными к самостоятельному откреплению от субстрата) возможно и у дрейссены [10].

Важное значение для успеха экспансии по поверхности субстрата при сходных экологических требованиях и жизненной форме обрастателя играет скорость его роста. В ходе наблюдений за приростом биомассы в одних и тех же условиях при совместном обитании двух модульных организмов – *C. caspia* (зоопланктофаг) и *P. emarginata* (фильтратор), выяснилось, что существенно выше скорость роста биомассы колонии мшанки (рис. 5 А). Примечательно и наблюдение за резким падением биомассы мшанки, случившимся через месяц после начала наблюдений, которое, возможно, представляет собой *пример (само) фрагментации части колонии по мере накопления в ней достаточного количества статобластов*. Это можно трактовать как механизм высвобождения зрелых статобластов при фрагментации и, возможно, расселения фрагментами колоний с током воды, как указано выше. Подтверждением трактовки может служить *накопление свободных (находящихся вне колоний) флотобластов* на различных поверхностях в месте экспозиции пластин и частично пустых фрагментов колоний (рис. 5 Б). Возможно, таким образом

достигается быстрое формирование банка покоящихся вегетативных почек нескольких поколений непосредственно в системе.

Стратегические возможности модульной плюмателлы в освоении пространства техноэкосистемы в силу многовариантности жизненных форм и развития, двух типов размножения (рис. 4), сходства с растениями, формирующими семена<sup>2</sup>, должны быть существенно шире, чем у унитарной дрейссены. Выявленная многовариантность характеризуется и динамичностью: помимо смены типа размножения (рекомбинантное и вегетативное) на разных этапах своего развития плюмателла осуществляет переходы от унитарной формы к модульной и групповой, причём без заметной привязки к какому-либо одному внешнему фактору. Напротив, размножение дрейссены (переход от существования на субстрате к пелагическому, сохраняет зависимость от температуры окружающей среды и в техноэкосистемах [11, 16]. Способность плюмателлы к формированию банка покоящихся статобластов (рис. 5 Б), при одновременности их пробуждения в одном и том же поколении, дает возможность использовать для развития активной фазы длительный период времени.

Существенным преимуществом дрейссены в сравнении с плюмателлой является её способ извлечения пищи из воды путём прокачивания существенных объёмов через мантийную полость, и последующей сортировки всей извлечённой взвеси на жаберном аппарате [11]. Скорость фильтрации *D. polymorpha* – одна из наиболее высоких для двустворчатых моллюсков, обитающих в континентальных водоёмах [19]. Зооиды плюмателлы ограничены по глубине переработки водного потока, осуществляют лишь прямой захват пищевых частиц щупальцами, что ограничивает объём облавливаемой воды слоем, прилежащим непосредственно к зооиду.

Промежуточной можно считать стратегию размножения, развития и расселения колониального гидроидного полипа *C. caspia* (рис. 3 В). Считается, что расселение модульной кордилофоры осуществляется на унитарной стадии личинки – планулы – результата полового (рекомбинантного) размножения. Однако у гидроидов происходит и вегетативное размножение фрустулами – механизм, обеспечивающий клонирование и позволяющий в условиях неблагоприятных для полового размножения существовать (воспроизводиться), эффективно расселяться и колонизировать доступные биотопы. Этот механизм распространен у высокобореальных популяций видов рода *Obelia* [20]. Нельзя исключить такой способ и у *C. caspia*. [16, 17]. Сближает кордилофору с мшанкой и наличие цист, в которые могут трансформироваться планулы при наступлении неблагоприятных условий – а таковыми можно считать, в том числе, и противообрастательные химические и физико-химические обработки. Что касается трофологических характеристик вида, то для него характерна полная зависимость от источника пищи – зоопланктона, в связи

чем, в умеренных широтах присутствие живых колоний кордилофоры в обрастании носит сезонный характер.

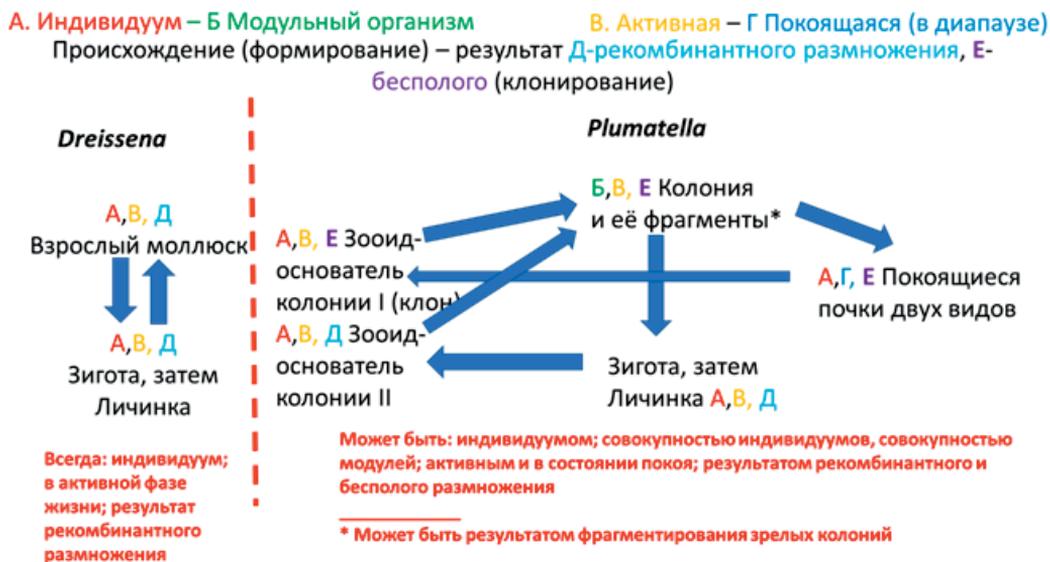


Рис. 4. Варианты особей дрейссены и мшанки *Plumatella*, отвечающих трём параметрам: тип особи (унитарная, модульная), физиологическое состояние особи (диапауза, активность), тип размножения (рекомбинантное (половое), клонирование (вегетативное))

### 2.3. Характеристика массовых видов обрастателей СТВ с фильтрационным типом питания по Раменскому-Грайму

Мшанки проявляют все три стратегии<sup>2</sup>, включая эксплерентную, свойственную рудеральным растениям, тогда как у дрейссены скорее выражена стратегия виолента.

### 3. Вариативность реакции статобластов и зооидов-основателей колоний на воздействии УФ-облучения

Ультрафиолетовое излучение (УФ) – один из универсальных, доступных и экологически приемлемых дезинфектантов, в том числе для использования в комбинации с другими технологиями с целью профилактики развития обрастания при воздействии на расселительные пелагические стадии, находящиеся в водном потоке [13, 21, 22]. Однако в исследовании, предпринятом для проверки предположения о возможностях использования регуляции жизненного цикла как одного из биологически обоснованных подходов к контролю развития мшанки на оборудовании [17, 23], он, прежде всего, рассматривался как фактор, способный оказывать влияние

на пробуждение покоящихся стадий и для принципиальной оценки возможностей репарации повреждений зооидами.

А.



Б.



Рис. 5. Результаты наблюдения за динамикой биомассы модульных обрастателей на искусственных субстратах в течение 1 месяца (А) и динамикой численности статобластов в месте экспозиции пластин с развивающимися колониями *Plumatella* (Б)

Разные типы УФ (экспозиция под монохроматической и широкополосной лампами) и их разные дозы (продолжительность экспозиции), примененные однократно, позволяют обеспечить следующие варианты эффектов от воздействия на флотобласты *P. emarginata*:

- временное подавление пробуждения (в практическом отношении эта отсрочка (в зависимости от протяженности критического отрезка хода технической воды) могла бы обеспечивать прекращение заселения твердых субстратов внутри самой станции);

- отсрочка прорастания, но сопряжённая с последующим массовым и дружным выходом зооидов из флотобластов и, таким образом, получение более чувствительной мишени – зооидов;

– прорастание флотобластов с постепенным замиранием дальнейшего развития вылупляющихся из них зооидов.

Для зооидов все типы оказанных воздействий неблагоприятны, их эффект сохраняется или нарастает после прекращения воздействия в течение суток в большинстве вариантов обработки, однако, затем, в течение последующих 2,5 - 4,0 суток после прекращения воздействия, возможно частичное восстановление жизнедеятельности существенной части особей на фоне вылупления новых зооидов из облученных флотобластов, оказавшихся устойчивыми к нему, либо (такое тоже нельзя исключить) простимулированных ультрафиолетовым излучением к пробуждению.

Таким образом, ожидаемое биоцидное и биостатическое воздействие УФ различной части спектра и продолжительности [17, 23] заметнее проявлялось в отношении зооидов – активной унитарной стадии жизненного цикла. Однако тотального уничтожения зооидов воздействие данным фактором при его однократном применении даже в лабораторных условиях, которые снимают все ограничения метода в реальной обстановке технического объекта, не гарантирует.

#### **4. Особенности планирования подхода к защите объекта от мшанкового обрастания**

Исследование показало, что несмотря на совместное обитание конкретных видов-источников биопомех, относимых к одной экологической группировке, их возможности в части размножения развития, роста, механизмов колонизации технического объекта существенно различаются, и при выпадении из сообщества перифитона дрейссены, проявляющей свойства виолента, ей на смену может приходиться обрастатель, обладающий многовариантной стратегией расселения и свойствами эксплерента (плюмателла).

Плюмателла в силу того, что: (1) в основе её размножения и расселения лежит процесс бесполого размножения путём внутреннего почкования, результат которого – устойчивые к большинству воздействий покоящиеся вегетативные почки – статобласты; (2) часть (и весьма значительная) этих устойчивых к различным воздействиям образований остается после их выхода из зрелых и отмирающих колоний на оборудовании в виде «пыли» и в донных отложениях водоёма-охладителя (флотобласты), а также в прикрепленном состоянии (сессобласты) непосредственно на конструкционных материалах и, таким образом, они присутствуют в системах круглогодично и в значительных количествах; (3) у неё имеются множественные механизмы выхода из диапаузы и расселения (флотирующие агрегации зооидов-основателей колоний, фрагменты колоний, банк вегетативных почек на оборудовании и в водоёме) на фоне (4) явной недостаточности знаний о факторах-триггерах

активации пробуждения в техногенных условиях и механизмов приспособления мшанки к таким условиям, требует не столько более сложного комплекса мер защиты, нежели традиционные обрастатели (виоленты), размножающиеся только половым путём и расселяющиеся на стадии личинки, сколько дополнения комплекса специфическими подходами.

Один из возможных подходов заключается в управлении ключевым этапом жизненного цикла *Plumatella*, а именно, выходом из диапаузы путём целевого воздействия на статобласты, которое предположительно приведет либо к их выходу из состояния покоя путём провокации вылупления зооидов – основателей колоний, либо к подавлению такой активности. Если происходит массовое, спровоцированное целевым воздействием, т.е. приуроченное к определённому времени и локальности системы, вылупление зооидов, то уже к этой активной и более уязвимой стадии жизненного цикла можно локально (на конкретном участке) или генерализовано (через водный поток) применить биоцидные или биостатические средства. То есть, подход к контролю мшанкового обрастания на стадии статобласта носит двухступенчатый характер и состоит из ступени пробуждения статобласта и ступени подавления (уничтожения) зооида.

## Примечания

---

<sup>1</sup> Накопленные знания свидетельствуют о том, что биологические инвазии – это не случайный, но вполне поддающийся изучению и прогнозированию, объективный комплекс явлений и событий, способствующих расселению специфической категории эврибионтных видов, обладающих различными преадаптациями, например, наличием личинок, способностью к клонированию, колониальным образом жизни, сравнительно высокой по сравнению с аборигенными видами теплоустойчивостью. Эти свойства особенно успешно реализуются такими организмами в техногенно-трансформированных и искусственных местообитаниях, недоступных аборигенным видам. Соответственно, сами трансформации экосистем под влиянием техногенного фактора формируют в них: (1) новые местообитания, пригодные для натурализации и последующей интеграции вышеописанных вселенцев даже не столько в локальные естественные сообщества, сколько с формированием целых фрагментов сообществ, состоящих из чужеродных элементов (рис. 2), как это имеет место и в обрастании гидротехнических сооружений; (2) за счёт снятия географических и экологических барьеров устойчивые инвазионные коридоры (пространство, где реализуется группа предпосылок, связанных с многократным, направленным заносом инокуляционных популяций вселенцев в водоём-реципиент, что в случае эффективных мер борьбы с нежелательными видами будет гарантировать постоянное пополнение материалом для последующей реколонизации). Немаловажно и то обстоятельство, что большинство вселенцев, становящихся источником биопомех, имеет существенные отличия жизненного цикла в сравнении с аборигенными видами, способными занимать те же экологические

---

ниши, а именно морской жизненный цикл со свободноживущей личинкой или разносимыми с током воды покоящимися стадиями (рис. 3), наличие которых является главной преадаптацией к обеспечению успешного заноса в гидротехнические сооружения.

<sup>2</sup> Речь идёт о системе Раменского – Грайма в части описания отношения организмов к двум факторам – к обеспеченности ресурсами и к нарушениям [24]. Нарушением является результат действия любого внешнего по отношению к экосистеме фактора, который вызывает разрушение её части или уничтожает её целиком. Факторами нарушения являются биологические воздействия (интенсивный выпас скота (особенно в лесу)), антропогенные – распашка целинной степи, проход тяжёлой техники в тундре и т.д., в случае планирования мер защиты – уничтожение биоплёнки, прямое воздействие на организмы-мишени. Жизненные стратегии пионерных организмов, которыми являются многие беспозвоночные – источники биопомех определены как: эксплеренты, виоленты, пациенты. Главным образом, в контексте данного исследования, интерес представляют эксплеренты или рудералы – виды, которые, не будучи конкурентно сильными, занимают места, освобождающиеся после естественной гибели или уничтожения других видов, но быстро уступают им место при наступлении благоприятных условий, и виды, стратегия которых не может быть охарактеризована однозначно.

<sup>3</sup> Под *биопомехами* понимаются нарушения в работе технических объектов, прямо или косвенно связанные с развитием внутри или вблизи них поселений живых организмов. Частный случай биопомех – *биоповреждение (бидеструкция)* – физическое разрушение материалов и объектов вследствие жизнедеятельности организмов и их групп. Независимо от конкретного источника биопомех, потенциальные следствия его неконтролируемого развития – убытки, нарушение технологического цикла, вывод из строя элементов оборудования и конструкций в целом, вплоть до фатального исхода, например, по данным [25].

<sup>4</sup> Техноэкосистема может быть определена как совокупность биотопов природного и техноантропогенного характера, их живого населения, объединённых системой прямых и обратных связей, потоками вещества, энергии и информации, изменяющихся в пространстве и во времени [26]. Применительно к объекту энергетики в состав техноэкосистемы мы, вслед цитированным источником, включаем не только элементы оборудования техногенного объекта, взаимодействующие с водой водоёма – источника водоснабжения, но также и сам водоём в той его части, которая охвачена техногенной циркуляцией и отоплением и является основным источником расселительных стадий гидробионтов, развитие которых в водоёме и на оборудовании зависит от эксплуатации технического объекта.

<sup>5</sup> Наиболее распространённые *источники биопомех* – разнотипные поселения, формируемые организмами-*обрастателями* на границе раздела фаз. В ключевых частях систем охлаждения и технического (сервисного) водоснабжения многих объектов тепловой и атомной энергетики в водной среде это раздел «твёрдое тело – жидкость». К этому разделу

---

может добавляться воздушная и воздушно-капельная фазы, как это наблюдается в больших испарительных градирнях, а в природной части системы технического водоснабжения (СТВ) – водоёмах-источниках водоснабжения и резервуарах для сброса отработанной воды – зона сугубых мелководий, прибой и заплеска. Как правило, такие виды и организмы не рассматриваются в качестве предмета исследований по биобезопасности, в отличие от патогенов, сельскохозяйственных вредителей (однако, и теми, и другими вселенцы могут становиться) или в качестве ресурсных (хотя, по сути, могут таковыми являться наряду с преднамеренно интродуцированными видами или породами и сортами сельскохозяйственных животных и растений), однако, их практическое значение трудно переоценить. (Био)обрастание, также перифитон – экотопическая группировка гидробионтов (растений, животных, микроорганизмов), ведущих преимущественно прикрепленный образ жизни на разделе вода – твёрдые субстраты различного происхождения его присутствие на поверхностях есть результат взаимодействия физических, химических и биологических процессов. Термин впервые введён в 1924 г. А.Л. Бенингом [26]. Обрастание часто подразделяют на микрообрастание (*обрастание, вызванное микроорганизмами, также используются термины «биоплёнка», «микроплёнка», «biofilm»*), микроперифитон (*обрастание, вызванное микроводорослями*), фитоперифитон (*обрастание, вызванное прикрепленными растениями, главным образом нитчатymi водорослями*), зообрастание или зооперифитон (*обрастание, сформированное многоклеточными беспозвоночными животными, ведущими прикрепленный образ жизни*) широко распространены в водных экосистемах. В естественных водоёмах обрастание развивается на дне, вблизи дна и в толще воды на твердых субстратах. В техноэкосистемах, включая гидротехнические и водозаборные сооружения, внутренние участки систем технического водоснабжения, обрастание распространено там, где есть приемлемые условия для жизни входящих в его состав организмов.

Публикация подготовлена в рамках выполнения Государственного задания Минобрнауки России № 075-01351-23ПР на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов от 27 декабря 2022 года Санкт-Петербургскому научному центру РАН, тема FWGF-2019-0001 (М.И. Орлова).

## Литература

1. Алимов А.Ф., Богуцкая Н.Г., Орлова М.И., Резник С.Я., Кравченко О.Е., Паевский Д.А., Гельтман Д.В. и др. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах – М.: Товарищество научных изданий КМК. 2004.

2. Mackie G., Claudi R. (eds.). Monitoring and control of macrofouling mollusks in fresh water systems. Second edition. CRC Press. 2013.

3. Вернадский В.И. О размножении организмов и его значении в механизме биосферы. Статья первая // Известия Российской академии наук. Серия математическая. 1926. Т. 20 (9). С. 697–726.

4. Дгебуадзе Ю.Ю., Петросян В.Г., Хляп Л.А. (ред.) Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) – М.: Товарищество научных изданий КМК. 2018.
5. Орлова М.И., Строгова Е.В., Кузьмин В.В. Гидротехника и биопомехи: к познанию биологии мшанки рода плюмателла в условиях техногенно-трансформированных водоёмов и искусственных экосистем объектов энергетики // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2022. Т 306. С. 79-98.
6. Информационный справочник по гидротехническим сооружениям АЭС. – М., 2010.
7. Региональная экология. 2015а. № 3(38). Региональная экология. 2015б. № 4(39).
8. Гонтарь В.И. Описание первой находки пресноводной мшанки *Plumatella geimermassardi* Wood & Okamura, 2004 *Phylactolaemata* в Копорской губе восточной части Финского залива // Региональная экология. 2016. (1). С. 57– 62.
9. Гонтарь В.И. Описание первой находки пресноводной мшанки *Plumatella similirepens* Wood, 2001 (Bryozoa, Phylactolaemata) в озере Удомля, Тверская область // Региональная экология. 2018. № 1 (50). С. 60–66. DOI: 10.30694/1026-5600-2018-1-60-66.
10. *Claudi R., Mackie G.L.* Practical manual for zebra mussel monitoring and control. Lewis Publishers, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo 1993.
11. Дрейссена: *Dreissena polymorpha* (Pall.) (Bivalvia, Dreissenidae): систематика, экология, практическое значение / Я.И. Старобогатов (ред.) – М.: Наука. 1994.
12. МТ 1.2.1.15.1043-2015. Методика ведения биолого-химического мониторинга систем циркуляционного и технического водоснабжения АЭС. – М.: Концерн Росэнергоатом, 2015.
13. *Pucherelli S., Claudi R.* Assessment of UV Irradiation Effect on Downstream Settlement of Colonial Hydroid *Cordylophora caspia* // ICAIS 2017, Abstracts. p. 126.
14. Орлова М.И. Серая книга Российского сектора Балтийского моря. В 5-ти томах. Том 1. Восточная часть Финского залива. Водные беспозвоночные: Hydrozoa, Mollusca, Polychaeta, Crustacea (Cirripedia), Bryozoa / монография / М.И. Орлова. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2022.
15. Бутакова Е.А., Павлюк Т.Е., Ушаков О.С., Попов А.Н., Тютков О.В. К вопросу об альголизации водоёмов. Водное хозяйство России, №5 2013, СС. 75-84.
16. Орлова М.И., Строгова Е.В., Литвинчук Л.Ф., Досмедов И.Х., Кузьмин В.В. Результаты наблюдений за сезонной динамикой личинок Dreissenidae в водоёмах охладителей: эксплуатация электростанции и стратегия выживания // Региональная экология. 2016. № 1(43). С. 41–56.

17. Орлова М.И., Строгова Е.В., Личи Т., Лурье М.А. К стратегиям защиты систем циркуляционного и технического водоснабжения (СТВ) от обрастания колониальными беспозвоночными с покоящейся стадией в жизненном цикле: *Plumatella emarginata* (Tentaculata) и ультрафиолетовое излучение UV - контроль vs уничтожение. Часть I. Новые данные о выходе из диапаузы и их применение для экологического мониторинга СТВ // Региональная экология, 2018. № 51 (1). С. 31–43 [https://DOI:10.30694/1026-5600-2018-1-31-43](https://doi.org/10.30694/1026-5600-2018-1-31-43).

18. Инженерно-техническое сопровождение работ по биолого-химическому мониторингу систем циркуляционного и технического водоснабжения. Анализ годовых отчётов АЭС по биолого-химическому мониторингу систем циркуляционного и технического водоснабжения, разработка рекомендаций по борьбе с биопомехами: приложение к техническому отчёту по договору 2010590016/Б2017/72/ 2017-КА от 01.08.2017. Санкт-Петербург, 2017.

19. Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. – Л.: Наука, 1981.

20. Slobodov S.A., Marfenin N.N. The features of reproduction of *Obelia spp.* In the White Sea // Oceanology. 2005. Т. 45. № 1. С. 69-75.

21. McGivney E., Carlsson M., Gustafsson J.P., Gorokhova E. Effects of UV-C and Vacuum-UV TiO<sub>2</sub> Advanced Oxidation Processes on the Acute Mortality of Microalgae // Photocemistry and Photobiology, 2015.

22. Pucherelli S., Claudi R., Prescott T. Control of biofouling in hydropower cooling systems using HOD ultraviolet light Bureau of Reclamation // PO Box 25007, Denver, CO 80225, USA 2 RNT Consulting INC., 823 County Road 35, RR#2, Picton, Ontario KOK 2T0, 29 October 2018.

23. Орлова М.И., Строгова Е.В., Личи Т., Лурье М.А. К стратегиям защиты систем циркуляционного и технического водоснабжения (СТВ) от обрастания колониальными беспозвоночными с покоящейся стадией в жизненном цикле: *Plumatella emarginata* (Tentaculata) и ультрафиолетовое излучение UV - контроль vs уничтожение. Часть 2. Реакции статобластов и зооидов на облучение ультрафиолетовыми лампами среднего и низкого давления // Региональная экология, 2018 б. № 51 (1), С. 44–59 DOI: 10.30694/1026-5600-2018-1-44-5.

24. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Основы общей биологии: Учебное пособие / Под ред. Г.С. Розенберга. – М.: Университетская книга, 2005.

25. Звягинцев А.Ю. Морское обрастание в северо-западной части Тихого Океана. – Владивосток: Дальнаука, 2005. 432 с.

26. Протасов А. А. Перифитон как экотопическая группировка гидробионтов // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. – 2010, Т. 3, № 1. – С. 40-56. ISSN 1997-1389.

# ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

УДК 59.009

DOI/10.48612/spbrc/m5t2-hr1u-9ra3

## Использование среды обитания балтийской кольчатой нерпы

(*Pusa hispida botnica*) в Финском заливе

М.В. Верёвкин<sup>1</sup>), М. Юсси<sup>2</sup>)

<sup>1</sup>) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5

<sup>2</sup>) Некоммерческая консалтинговая компания «Морские исследования» (MTÜ Pro Mare)  
Эстогния, EE75101, Харьюмаа (регион), Муниципалитет косе

### 1. Общие сведения

В настоящей статье представлены результаты исследований пространственной организации популяции балтийской кольчатой нерпы (*Pusa hispida botnica*) (рис. 1) в Финском заливе методом телеметрии, проведённые в 2017-2020 гг. Представлены данные сезонного распределения и динамики использования мест обитания. Выполнено описание и картографирование участков обитания, залёжек, районов размножения и кормления. Описаны пути сезонных кочёвок, данные о дистанциях и скорости дальних перемещений. Приводится сравнение результатов телеметрических исследований, выполненных в 1998-1999 гг., 2014 г. и 2017-2020 гг.



Рис. 1. Балтийская кольчатая нерпа (*Pusa hispida botnica*) (фото М.В. Верёвкина)

## 1.1. Нерпы в Финском заливе

Балтийская кольчатая нерпа (*Pusa hispida botnica* Gmelin, 1788) представляет собой один из трёх видов тюленей, обитающих в Балтийском море. Занесена в Красную книгу Российской Федерации [1].

В Балтийском море существуют географические, относительно изолированные, популяции кольчатой нерпы [2]. Комиссия по защите морской среды Балтийского моря ХЕЛКОМ (HELCOM) признала, что популяция кольчатой нерпы, обитающая в Финском заливе, требует особой охраны из-за десятикратного сокращения численности за последние четыре десятилетия. К основным причинам снижения численности нерпы можно отнести:

- антропогенное воздействие: загрязнение окружающей среды, беспокойство и попутный отлов в орудия лова рыбаков;
- абиогенные факторы окружающей среды: потепление климата, что приводит к сокращению ледового покрова в заливе необходимого для размножения нерпы.

По данным авиационных учётов основная часть популяции балтийской кольчатой нерпы обитает в российской акватории Финского залива.

## 1.2. Результаты предшествующих телеметрических исследований нерпы в Финском заливе

Ранее были реализованы два проекта телеметрических исследований. Первым был международный проект под эгидой Всемирного фонда дикой природы (WWF) Швеции (1998-1999 гг.). В Балтийском море 20 нерп поместили телеметрическими метками, причём четыре из них – в Финском заливе. Это была первая попытка исследовать характер использования акватории и территориальную обособленность популяций этого подвида. Используемая технология имела ряд ограничений. Так, данные о перемещениях поступали со спутников низкого разрешения – местоположение объектов рассчитывали по радиосигналам спутников ARGOS с ошибкой географического положения животного более километра. Информация поступала в сильно сжатом виде из-за ограничений по объёму передаваемых данных. Полученные результаты подтвердили фрагментарное распределение популяций кольчатой нерпы в море, соответствие участков обитания меченых особей к районам, где они были отловлены (Ботнический, Рижский и Финский заливы) [3].

В 2014 г. стартовал второй проект в рамках инициативы Международного года Финского залива, когда совместными усилиями эстонских и российских учёных в восточной части залива было помечено ещё пять кольчатых нерп. Здесь были применены метки нового поколения с высокой точностью измерений и

неограниченным объёмом передачи данных. Вновь подтверждена фрагментарность распределения нерпы, произведена оценка размеров и характера использования участков обитания, получено представление о поведении тюленей и т.д., но объём информации и размеры выборки по-прежнему оставались недостаточными для научно обоснованной интерпретации данных.

### **1.3. Численности популяции кольчатой нерпы в Финском заливе**

В течение ряда лет в Финском заливе проводили авиационные учеты численности популяции. Последний учет нерпы, проведенный весной 2021 г., показал, что численность популяции остается критически низкой – 135 особей. Эти данные подтверждают актуальность детального изучения с использованием современных, телеметрических методов, состояния популяции и факторов экологического и антропогенного характера, которые могут поставить под угрозу существование балтийской кольчатой нерпы в Финском заливе [4].

## **2. Методология**

### **2.1. Телеметрия**

Морские млекопитающие проводят значительную часть своей жизни в воде, где не остаётся следов их жизнедеятельности. Обычно их наблюдают на суше (риффы, острова) и на льду, но это составляет незначительную долю в их сезонной или суточной активности. Делать полноценные выводы об их распределении, требованиях к среде обитания и возможном влиянии человека можно только с использованием пространственно-временных данных, которые учитывают поведение этих животных в открытом море и под водой.

Телеметрия – это запись данных об окружающей среде датчиками микрокомпьютера, подключенного к удалённой платформе. Современные технологии позволяют прикреплять к животным регистрирующую аппаратуру (далее – метки), которая записывает телеметрическую информацию с требуемыми параметрами и передаёт её исследователям. Результаты, полученные телеметрическим методом, применимы к очень широкому спектру задач – от исследования поведения животных, структуры их популяции до физических параметров среды.

В работе были использованы метки производства шотландской компании Sea Mammal Research Unit (SMRU). Электронные метки приклеиваются к шкуре тюленя. 3D-данные собираются с помощью встроенного GPS, датчиков давления и электропроводности. Датчик электропроводности определяет, является ли прибор влажным или сухим. Изменение давления показывает глубину погружения и время нахождения под водой, в сочетании с изменением электропроводности можно

определить, находится ли прибор вне воды (сухой, погружений нет) или на поверхности моря (мокрый, погружений нет). Данные датчиков передаются по мобильному телефону на сервер, который тестирует данные и преобразует исходную информацию в доступные для просмотра форматы. Метки работают до 11 месяцев и сбрасывается во время ежегодной линьки весной.

## **2.2. Мечение тюленей**

Нерп ловят изготовленными на заказ сетями специальной конструкции, исключающей травмирование и гибель ластиногих. Сети устанавливаются с последними лучами солнца и контролируются утром, как только рассветло. Правильный выбор места установки и погоды определяют шансы на отлов.

Нерпу освобождают из сети, измеряют, взвешивают и фотографируют для фотоидентификации в будущем. Телеметрическая метка прикрепляется к шкуре с помощью клея (Loctite 422), и животное отпускают в месте отлова. Метка переходит в рабочий режим после контакта датчика электропроводности с морской водой. Обработка одной нерпы от поимки до выпуска обычно занимает не более 30-40 минут.

## **2.3. Передача, обработка и отображение данных, полученных с помощью телеметрии**

Успех и формат передачи данных зависит от местоположения и поведения животного. Во время плавания тюленей в открытом море, при перебоих с мобильной связью, когда отправка данных с метки носит эпизодический характер, используется формат SMS. Когда тюлени находятся на камнях в зоне хорошего (3G или 4G) покрытия мобильной связью, выполняется FTP-вызов. Передача в формате FTP может быть отложена до успешного входа объекта в зону покрытия. В целом, при имеющихся перебоих со связью процесс передачи может быть достаточно длительным, недели или даже месяцы, прежде чем все доступные данные будут загружены из тега метки. Сначала отправляются самые старые данные, все данные остаются в теге, далее успех передачи данных сверяется с предыдущим сеансом FTP.

В SMRU, куда передаются закодированные для передачи данные, используется специальное программное обеспечение для их расшифровки и обработки GPS-координат. Расшифрованные данные всех датчиков хранятся в базе данных Access, процесс хранения и доступа различным категориям пользователей автоматизирован. В качестве основы для отображения данных используется картографическая основа, предоставляемая сервисом Google Earth.

Расшифрованные данные дают детальную суточную активность ластиногих (время, проведенное вне воды (залёжка), на поверхности или при нырянии глубже

1,5 метров (рис. 2). Данные датчика температуры (рис. 3) нужны для интерпретации изменений в поведении тюленей. Например, температура воды определяет местонахождение добычи, является триггерным фактором питания, или связана с ледовой обстановкой, важной для периода размножения.

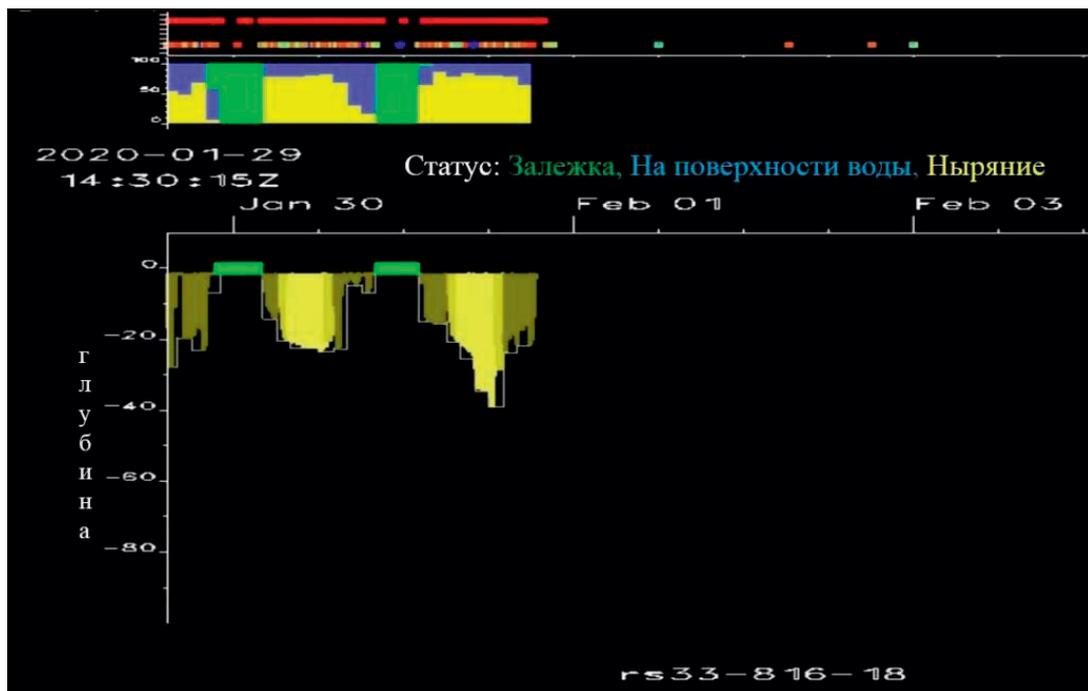


Рис. 2. Режимы активности и данные о погружениях нерпы rs33-816-18 в конце января 2020 г. Период залёжки (зелёный цвет) приходится на ночное время. В течение дня в море более 70 % времени тратится на погружение на глубину более 1,5 метров (желтый цвет), а остальную часть времени нерпа проводит на поверхности (синий цвет)

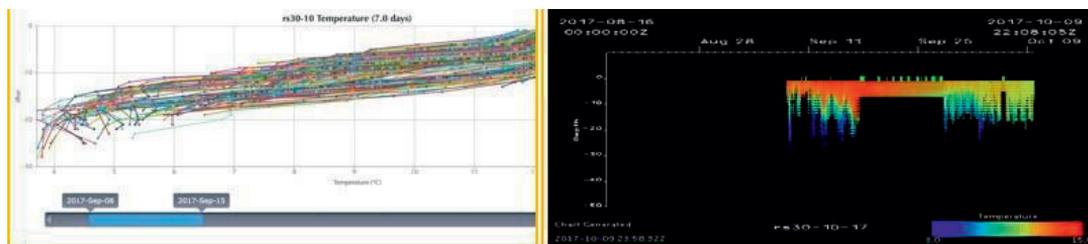


Рис 3. Температурные профили погружений (слева) и сводка измеренных температур во время погружений. Показания датчика давления переводятся в высоту в метрах водяного столба в соотношении 1,00:1,02 (пресная вода к солёной)

## 2.4. Анализ данных

В данной работе мы изучали различные модели использования акватории залива нерпами. Определяли ключевые районы места обитания, где обеспечиваются их основные биологические потребности, такие как отдых, питание и размножение. Иллюстрации, предоставленные компанией SMRU, представляют собой простые визуализации, которые не дают информации по этим вопросам. Изучение поведения требует тщательного пространственно-временного анализа и применения методологий анализа треков для определения времени, проведенного в различных средах обитания или поведенческих режимах.

Наша обработка и анализ были выполнены с использованием пакета статистической обработки данных R [5]. Местоположение GPS было получено с использованием фильтра скорости в пакете R «argosfilter» [6]. Участки обитания были определены с использованием расчета распределения использования ядра (kernel utilization distribution KUD) с пакетом R «adehabitat HR». Тюлени по-разному используют свой участок обитания в зависимости от сезона года. Мы исследовали данные отдельно за периоды май-август (лето), сентябрь-декабрь (осень) и январь-март (зима). Весенний период (март-май) не рассматривался, так как тюлени линяют, метки отваливаются, данные не поступают.

Полевые экспедиции и мечение нерп проводились на островах Мощный, Малый Тютерс и на Кургальском полуострове. В 2017-2019 гг. удалось пометить 18 особей кольчатой нерпы в соотношении самцов к самкам 11:7, что позволило увидеть различия в поведении между полами. Полученный материал охватывает большинство сезонов и моделей поведения этой очень небольшой популяции кольчатой нерпы.

## 3. Результаты

### 3.1. Основные закономерности распределения кольчатых нерп в Финском заливе

Данные, полученные в 2017-2020 гг., и предыдущие результаты мечения, показывают, что кольчатая нерпа, когда-то многочисленная во всем Финском заливе, в результате сокращения численности популяции в конце 20-го века заняла восточную часть залива. Это связано с тем, что при меньшей конкуренции за ресурсы оптимальные места обитания продолжают использоваться, а субоптимальные освобождаются. Нерпам нужны акватории для удовлетворения их экологических потребностей: безопасные залёжки для отдыха и линьки, районы кормёжки и ледяные поля для размножения.

Кольчатые нерпы способны неделями оставаться в воде. Отдыхать и спать могут на поверхности воды, нет необходимости возвращаться на берег в период нагула, что помогает сохранить энергию при кормодобывании. Тем не менее, кольчатая нерпа регулярно отдыхает на твёрдой поверхности. Чтобы избежать хищничества и охоты, ластоногие не выходят на материк или берега больших островов, а предпочитают камни в достаточно глубоких местах, где могут быстро уйти в воду в случае опасности. В Финском заливе подходящие каменистые участки находятся в российских и финских водах. Нерпы держатся в основном у необитаемых берегов, возможно, из-за тысячелетней истории охоты на тюленей в этом районе моря. Нерпы могут находиться вблизи населенных пунктов, когда нет опасности или в период формирования льда.

Предпочтительными кормовыми районами являются участки моря, где плотность рыбы, т.е. энергетическая ценность окружающей среды, выше. Случайные перемещения по большим акваториям в поисках рыбы привели бы к существенному конфликту между энергией, полученной от пищи, и энергией, затраченной на поиск. Целенаправленные походы за кормом совершаются в районы, где природные условия позволяют получить больше рыбы (энергии). Процесс нахождения участков малоизвестен, но, вероятно, он является продуктом эволюционной адаптации вида к конкретному морскому району, а не сезонно повторяющейся стратегией «поиска и использования». Это говорит о том, что нерпы очень консервативны в своем пищевом поведении и зависят от стабильного и благоприятного состояния среды их обитания. В период нагула они предпочитают получить больше энергии с меньшими усилиями. Кольчатые нерпы охотятся на медленно движущихся или стайных рыб с наиболее высоким содержанием жира, редко – на быстрые и нежирные виды рыб. Исследования диеты кольчатой нерпы в Балтийском море показывали, что сельдь и килька находятся в верхней части списка объектов питания, за ними следуют медлительные придонные обитатели, такие как бычки, колюшки и морские ракообразные.

В море жизнь собирается вокруг подводных сооружений в поисках пищи и убежища. Такие заливы, как Нарвский образуют естественные «чаши» с плоским и песчаным или илистым дном. Такие районы пустынно большую часть года. Сельдь и килька покидают заливы после нереста, чтобы провести лето у подводных «горных хребтов». Например, таких как идущие от Кургальского полуострова до островов, расположенных севернее. Мы видим треки кормящихся здесь нерп (рис. 5).

Для успешного размножения кольчатой нерпе необходимы ледяные поля. Благодаря географическому положению, восточная часть Финского залива больше подходит для размножения нерп. Эта акватория подвержена холодному континентальному воздуху более защищена от штормов, здесь раньше формируются и дольше остаются ледяные поля.

Возможность передвижения в воде позволяет проплывать большие расстояния с относительно низкими энергетическими расходами. Перемещения между местами отдыха и кормления регулярны во времени и пространстве, что позволяет оценить местоположение и размер акватории, используемой кольчатой нерпой. Сезонные кочёвки к местам размножения увеличивают площадь акватории залива как участка обитания.

### 3.2. Районы релаксационных и линных залежек

Ластоногие могут выбраться на сушу для отдыха или линьки в подходящих местах участка обитания. Основными местами залёжек являются удалённые каменистые рифы вдоль материкового или островного побережья. В Финском заливе нерпы с телеметрическими метками показали свои основные весенне-летние залёжки в «треугольнике» Кургальский – Мощный – Сескар. Самое западное место, регулярно использованное для залёжек, отмечено на камнях у о. Малый Тюттерс.

Наибольшее число животных на залежках отмечается в ночное время, нерпы собираются с заходом солнца и уходят, когда снова становится светло. В дневное время на залежках меньше животных, возможно, это особи, вернувшиеся из длительного, до двухнедельного, похода за пищей и отдыхают перед следующим (рис. 4). Ночная привычка выбираться на сушу может быть связана с меньшим беспокойством в связи с присутствием человека.

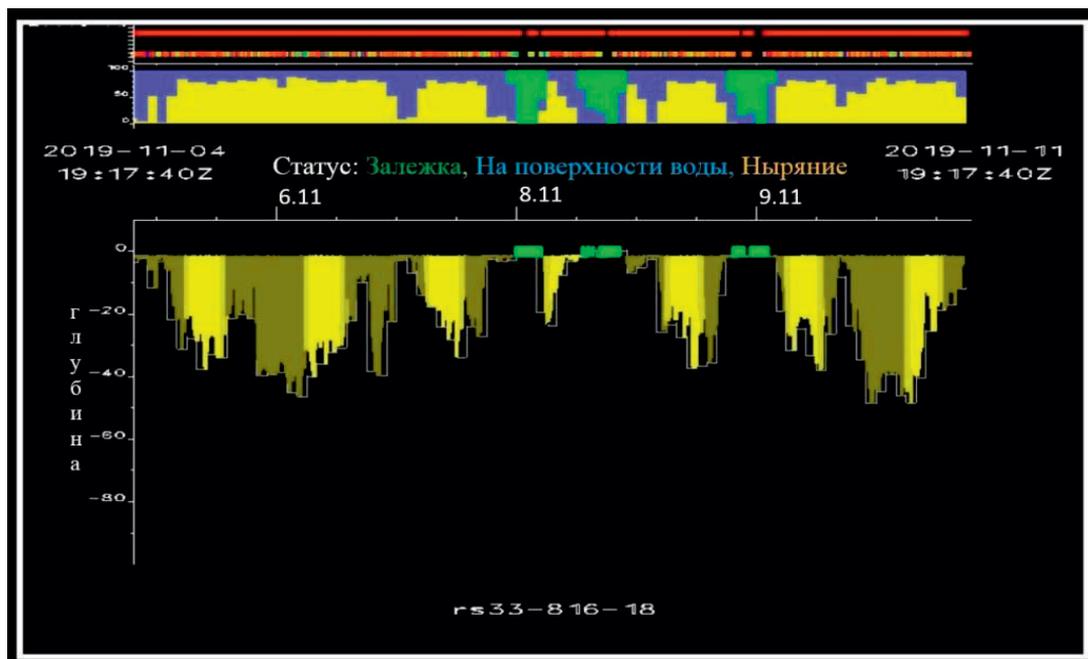


Рис. 4. График суточной активности кольчатой нерпы 816. Выход из воды кольчатой нерпы (зелёный). Нахождение в воде ночью (темно-жёлтый), днём (светло-жёлтый)

Настоящее исследование демонстрирует важность залёжек кольчатой нерпы, обнаруженных в Финском заливе. Основные участки находятся в ненарушенных или умеренно нарушенных природных зонах. Тот факт, что нерпы подходят к камням в темноте, объясняет причину небольшого их количества в дневное время. В результате важность этих мест для нерп может быть недооценена.

### 3.3. Кормовые районы

Получение 3D данных трека ластоногих позволяет определять места кормления (резкие изменения направления движения). Также эти области видны из-за концентрации GPS местоположений в некоторых участках моря. Метка запрограммирована на получение местоположения через каждые 20 минут, поэтому плотность данных местоположения зависит от времени, проведенного в регионе. Обычно такое поведение оценивается, как поиск в ограниченном районе (Area Restricted Search ARS) и представляет собой поиск и отлов рыбы. В Финском заливе кольчатая нерпа специализируется на добыче рыбы в определенных местах (рис. 5). Профили погружений показывают, что во время активной кормежки глубина ныряния соответствует батиметрии района: крутой спуск ко дну, плавание у дна и быстрое всплытие на поверхность. Кормовое поведение тесно связано с подводными склонами, каналами, фарватерами и отмелями. Некоторые районы посещает несколько нерп, а есть особи, которые кормятся в одном районе в течение всего сезона.

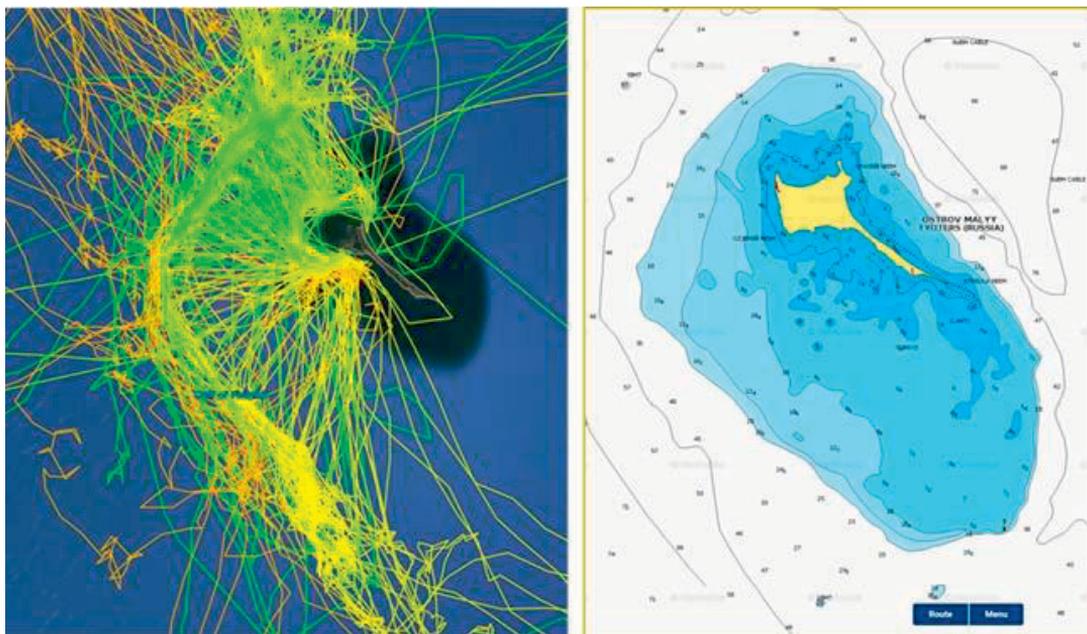


Рис. 5. Треки передвижения нерп у Малого Тютерса (слева) и батиметрическая карта района. Наблюдается значительная корреляция между характером склона и движением нерпы

### 3.4. Районы размножения

Кольчатая нерпа относится к пагофильному виду, для успешного размножения ей нужны стабильные льды. В зимний период нерпа устраивает подснежные убежища для себя и новорожденных. Подснежные убежища укрывают щенков от хищников, таких как лисы, собаки и орлы, и от непогоды, маленький размер тела делает их чувствительными к влажной и ветреной погоде и очень низким температурам.

Нерпы обычно используют стабильные льды, где есть торосы и снежные сугробы, в которых они устраивают убежища. Такой лед можно найти между прибрежным, плоским, крепким припаем и рыхлым дрейфующим льдом. Осенью нерпы кочуют в районы, где обычно происходит льдообразование. Когда лед начинает нарастать нерпы двигаются в море с кромкой льда до формирования льда, пригодного для устройства убежищ. Море может замерзнуть и дальше, но нерпы остаются в зоне удобного для размножения льда. Обычно он находится достаточно далеко от суши, что снижает риск появления здесь наземных хищников. Также пернатые хищники не исследуют эти места, так как вероятность найти там что-то съедобное очень мала. Эта часть льда также отделена от открытой воды и защищена от штормов и волн поясом дрейфующих льдов.

Наши телеметрические данные подтвердили это общее поведение, описанные выше шаги можно увидеть в треках нерп поздней осенью и зимой (рис. 6). Тюлени остаются на своих летних лежбищах до тех пор, пока морская вода не начнет остывать. Вероятно, именно низкие температуры и короткие дни запускают зимний сезон использования местообитания, тюлени начинают откочёвывать к северным берегам залива. Обычно льдообразование начинается с Выборгского залива и Невской губы. При обнаружении льда тюлени остаются там, при отсутствии льда – возвращаются на лежбища. В 2019-2020 годах один тюлень зашёл во внутренние районы Выборгского архипелага в поисках подходящего для размножения льда.

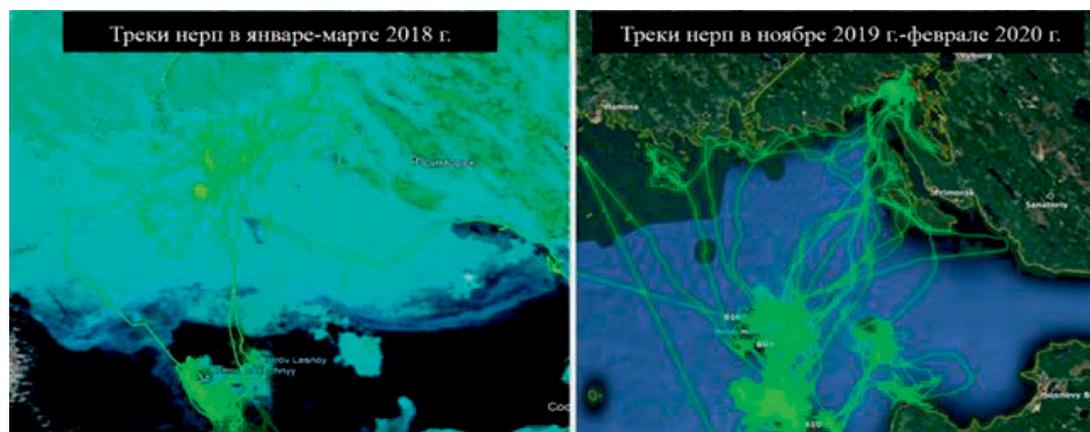


Рис. 6. Передвижение тюленей в период размножения. Слева: зима с ледяным покровом, справа: зима с открытой водой

### 3.5. Перемещения и кочёвки

Треки тюленей в местах кормёжки или релаксационных или линных залёжек отражают кратковременную локальную активность и наиболее важные для зверей места. Расположение таких мест и пути передвижения между ними в определённый временной периода определяют участок обитания.

Кочёвки представляют собой дальние перемещения в пределах залива, где траектория движения является кратчайшей или оптимальной между пунктом отправления и пунктом назначения. Передвижения на дальние расстояния обходится энергетически дорого, поэтому время в пути сводится к минимуму, кормление в пути не происходит.

Нам удалось зафиксировать 2 дальние кочёвки самца 815 (рис. 7). Расстояние в 330 километров от о. Мощного до о. Вормси (Западная Эстония) он преодолел всего за 106 часов и вернулся почти таким же путём, преодолев 345 километров за 101 час. Позже он ушёл из Финского залива в Аландское море (здесь метка перестала работать), преодолел 340 километров за 104,5 часа. Средняя линейная скорость движения при этих перемещениях составила 3,26 км/ч.

Зарегистрированные пути кочёвок обычно представляют собой относительно прямые линии на большие расстояния. Это признак хорошей способности нерп ориентироваться в условиях ограниченной видимости в воде.

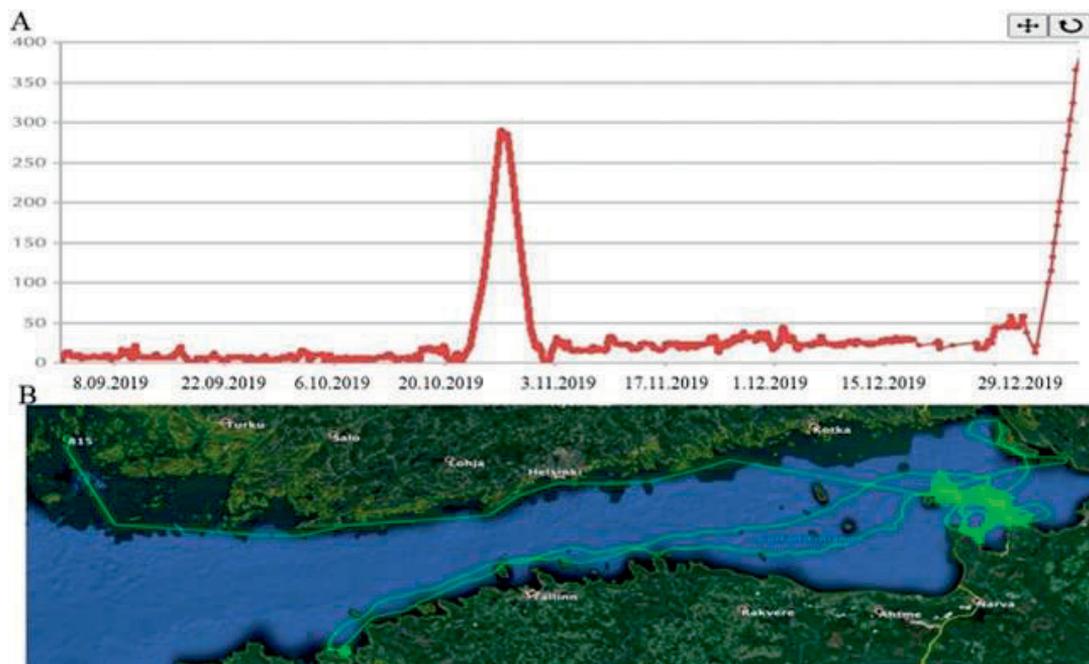


Рис. 7. Перемещения самца 815 на большие расстояния. А. Расстояние от места мечения. В. Трек на карте Финского залива

### 3.6. Участок обитания

Отследив пути перемещений ластоногих во времени, мы определили размеры акватории, поддерживающей существование одной особи. Для определения размеров участка обитания необходимо соединить самые отдалённые, отмеченные на карте точки трека и провести условную линию вдоль внешней части облака, оставленного треками, далее вычислить площадь участка обитания (рис. 8).

Важно отметить, что участки обитания кольчатой нерпы, измеренные финскими учёными в Ботническом заливе, составляют тысячи квадратных километров, тогда как в Финском заливе участки обитания составляют сотни квадратных километров. Небольшие участки обитания кольчатой нерпы Финского залива связаны, вероятно, с высокой экологической ценностью среды обитания, обеспечивающей жизненные потребности особей.

Карта распределения наиболее важных районов местонахождений тюленей во времени позволяет оценить важность различных участков моря для отдельных нерп, популяции или вида. Согласно полученным данным, можно определить вероятность встречи нерп в конкретное время и при определённых условиях в данной части Финского залива. Например, мы хотим пройти через канал в Усть-Лугу на ледокольном судне в январе, составленная карта вероятностного распределения животных позволит определить возможность того, что поблизости будут кольчатые нерпы.

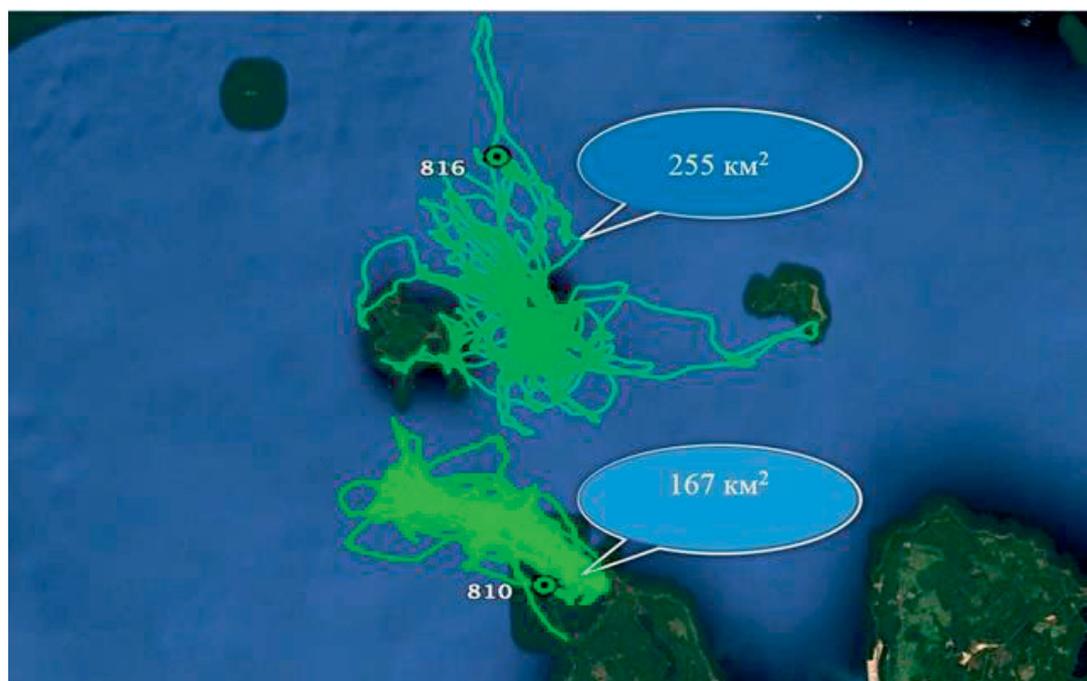


Рисунок 8. Участки обитания двух кольчатых нерп в Финском заливе

### 3.7. Использование среды обитания и факторы воздействия окружающей среды

Результаты телеметрических исследований подтверждают, что кольчатая нерпа населяет удалённые и относительно нетронутые участки Финского залива. Их лежбища удалены от судоходных путей и интенсивного освоения человеком прибрежной территории. Ближайшей крупной инфраструктурой к основному месту обитания кольчатой нерпы является порт Усть-Луга, по нашим данным, нерпы не заходят в Лужскую губу. Выборгский залив в основном используется нерпами в ледовый период, так как это одно из немногих мест, где ежегодно образуются пригодные для размножения льды.

Наложение мест обитания нерп с проложенными трубопроводами Nord Stream 1 и Nord Stream 2 (прокладка завершена в сентябре 2019 г.) незначительно. Единственное видимое совпадение в использовании акватории нерпами с проложенными трубопроводами есть у о. Малый Тютерс (рис. 9). Имеются многочисленные пересечения треков нерп трубопроводных коридоров. Район островов Малый Тютерс – Виргини тюлени используют для питания. Полученные данные позволяют предположить, что кормодобывание в большей степени сосредоточено на склоне подводного «холма» в южной части отмели Лебядникова в 4-х км к З-Ю-З от о. Виргин. Кормятся нерпы на всей акватории между о-вами Малый Тютерс и Виргини (рис. 9).



Рис. 9. Трубопроводы Nord Stream (NS1 – синий; NS2 – красный) и треки нерп в 2019 г.

Крупные гавани в Лужской губе и Выборгском заливе находятся в непосредственной близости от мест обитания нерп, но в безлёдный период суда проходят далеко от мест их обитания. Подводный шум из гаваней и фарватеров ухудшает качество окружающей среды и может отпугивать тюленей, хотя большая часть районов нагула, обнаруженных в рамках этого проекта, находится в естественно-защищенных водах. Измеренные скорости перемещения нерп позволяют предположить, что они быстро могут пересекать судовые пути.

Примечательно, что акватория между Лужской губой, о. Мощный и фарватером, проходящим между островами Малый и Сескар используются кольчатой нерпой, обитающей на Кургальском рифе. Остров Сескар посещают редко, и только один тюлень заходил в воды рядом с мысом Колгомпя (Сойкинский полуостров). Это может быть случайностью, но мечение кольчатой нерпы телеметрическими метками в конце 1990-х годов, до постройки порта Усть-Луга, свидетельствует о том, что побережье от Кургальского рифа до Соснового Бора использовалось нерпами. Это может быть связано с сокращением численности нерпы из-за активного судоходства в районе порта Усть-Луга.

#### **4. Распределение нерп в Финском заливе и сравнение с предыдущими данными**

Три проведённых телеметрических исследования кольчатой нерпы в Финском заливе в целом дали очень схожие результаты в отношении мест обитания и закономерностей распределения. Размер выборки во всех исследованиях был небольшим, а точность определения местоположения спутниковой системой ARGOS (1998-1999) была низкой. Это затрудняет детальное сравнение между исследованиями. Тем не менее, сравнение всех зарегистрированных местоположений позволяет выявить некоторые тенденции. Основное распределение кольчатой нерпы в районе о. Мощный – Кургальский полуостров сохраняется во всех трёх исследованиях. Акватория у о. Малый Титерс не использовалась нерпами, мечеными в 2014 году, но использовалась в последнем проекте. Во всех трёх исследованиях местообитание популяции на западе ограничено долготой 25°50' E. На востоке залива нерпы были отмечены в Невской губе, где находились в ожидании начала формирования льда. Интересно, что самка проплывала под мостами дамбы и отдыхала на фортах о. Котлин с востока от дамбы (рис. 10).

В тоже время, отмечено изменение в распределении нерп в Нарвском заливе. В 1998-1999 годах в районе Кискольского рифа кольчатых нерп наблюдали десятками. Меченые животные использовали как Нарвский, так и Копорский заливы, тогда как в исследованиях 2014 и 2017-2020 годов эти заливы нерпы больше не использовали (рис. 11).

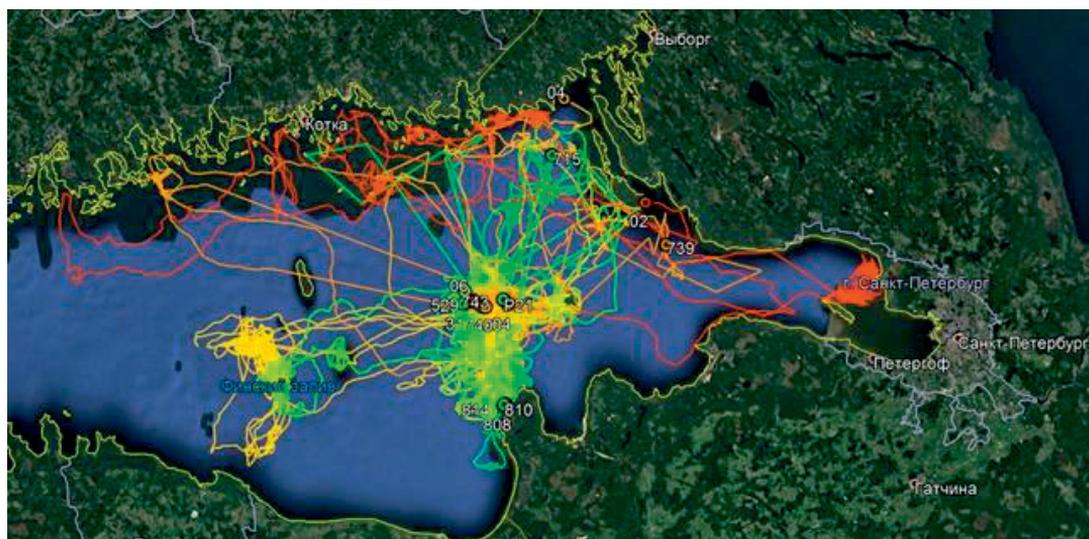


Рис. 10. Все треки меченых кольчатых нерп в проектах 2014, 2017-2020 гг. в Финском заливе

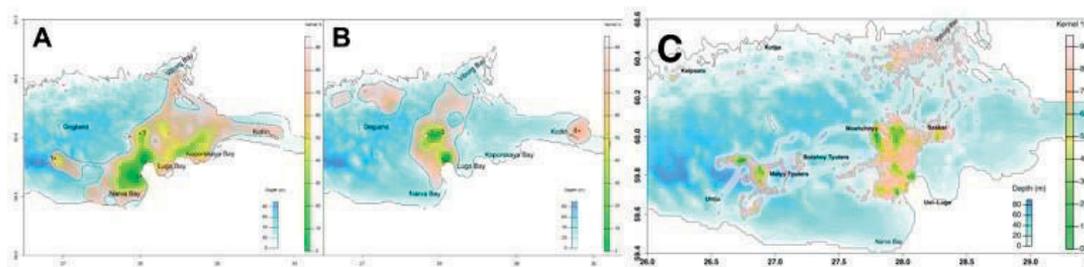


Рис. 11. Использование акватории Финского залива кольчатой нерпой в исследованиях: А – 1998-1999 гг. (АРГОС), В – 2014 г. и С – 2017-2020 гг.

При визуальных наблюдениях на залежке Кискольского рифа в 2014 и 2017-2020 годах отмечали лишь отдельных особей, группы более 10 особей редки [7]. Связь между численностью и распределением животных предполагает, что сокращение размера популяции приводит к концентрации оставшихся особей в наилучших местообитаниях.

Данные, собранные в 2017-2020 гг., добавляют акваторию о. Малый Тютерс в местообитания популяции нерп Финского залива. Судя по трекам, район Малого Тютерса больше используется в летний период в качестве места отдыха рядом с кормовыми районами и т.д. В безлёдный период Кургальский полуостров используется круглый год.

## 5. Выводы

Наши исследования свидетельствуют о том, что популяция кольчатой нерпы в Финском заливе остаётся на критически низком уровне численности. Подвид строго охраняется во всех трёх странах Финского залива, причина сокращения популяции за последние четыре десятилетия остаётся неизвестной. Проведённое телеметрическое исследование позволяет оценить потребности животных в среде обитания и подверженность стрессовым факторам окружающей среды.

Данные, собранные с помощью меток, подчеркивают важность регионального экологического комплекса Кургальский – Мощный – Малый Тютерс в экологии и сохранении кольчатой нерпы в Финском заливе. Акватория у Малого Тютерса нуждается в более тщательном изучении, нерпы демонстрируют значительную привязанность к этому району.

Самец нерпы 815, проплывший от о. Мощный на запад Эстонии и обратно, а затем уплывший к Аландскому архипелагу, свидетельствует о наличии контакта между южными субпопуляциями кольчатой нерпы. Это единственный случай среди меченых нами нерп, кроме того, путешествие было кратковременным (в Аландском архипелаге метка перестала работать).

## 6. Благодарности

Эти исследования были проведены при финансовой поддержке компании Nord Stream 2 AG.

Международное сотрудничество осуществлялось на основе соглашения о научно-техническом сотрудничестве между Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук (СПбНЦ РАН) и некоммерческой консалтинговой компанией «Морские исследования» (MTÜ Pro Mare), Эстония.

## Литература

1. Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-ое издание. – М.: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. – 1 128 с.
2. *Harkonen T. et al.* Population size and distribution of the Baltic ringed seal (*Phoca hispida botnica*) (authors: Harkonen T., Stenman O., Jüssi M., Jussi I., Sagitov R. and Verevkin M.) // Ringed seals in the North Atlantic in Nammco scientific publications. Tromsø, 1998, V. 1, P.167-180.
3. *Harkonen T. et al.* Seasonal Activity Budget of Adult Baltic Ringed Seals. (authors: Harkonen T., Jüssi M., Jussi I., Verevkin M., Dmitrieva L., Helle E., Sagitov R., Harding K.) // PLoS ONE, April 2008, Volume 3, Issue 4, P.1-10.

4. *Verevkin M., Jüssi M.*, Seals in the Gulf of Finland - a status review and perspectives. // The Gulf of Finland Science Days 2021 «New start for the Gulf of Finland co-operation» – Estonian Academy of Sciences, Tallinn, 29-30 November 2021, P.11.

5. A language and environment for statistical computing. – Vienna, Austria; 2014, R Core Team R: – 2015.

6. *Freitas C. et al.* Importance of fast ice and glacier fronts for female polar bears and their cubs during spring in Svalbard, Norway (authors: Freitas C., Kovacs K.M., Andersen M, Aars J, Sandven, Mauritzen M., Pavlova O., Lydersen C.) // Inter-Research, MEPS, 2012, V. 447, P. 289-304.

7. *Верёвкин М.В. и др.* Состояние популяции и характер использования акватории Финского залива балтийской кольчатой нерпой. (авторы: Веревкин М.В., Юсси М., Николлс К.) // Окружающая среда Санкт-Петербурга, 2019, № 4(14), с. 21-24.

**Новый подход к оценке атмосферных выбросов предприятий энергетики**

*К.М. Кляус, О.Д. Пожарская*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5

Энергетическая отрасль Ленинградской области обеспечивает производство, транспортировку и сбыт электрической и тепловой энергии. На территории области эксплуатируется 25 электростанций общей мощностью 8 500-9 000 МВт, в том числе одна атомная электростанция, 8 гидроэлектростанций и 16 тепловых электростанций. Выработка электроэнергии составляет около 40 млрд. кВт·ч в год. Тепловые электростанции вырабатывают около 20-21% от общего количества электроэнергии (рис. 1). Этой величине можно сопоставить значение расхода топлива в энергетическом эквиваленте  $\approx 3,0 \cdot 10^4$  ТДж. Сжигание такого количества органического топлива (с учётом потерь тепловой энергии при производстве электроэнергии) приводит к ежегодному выбросу в атмосферу нескольких миллионов тонн загрязняющих веществ и парниковых газов.

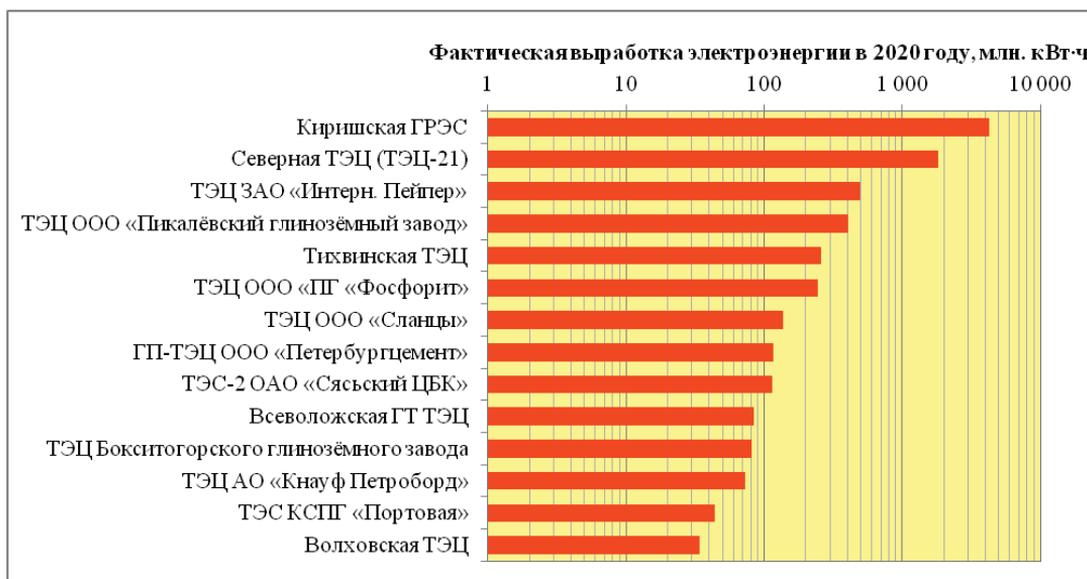


Рис. 1. Фактическая выработка электроэнергии тепловыми электростанциями Ленинградской области в 2020 году [1, 2]

Исходными данными для расчётного прогноза выбросов загрязняющих веществ являются метеоусловия для заданной расчётной точки, параметры выброса и характеристики источника. Концентрация загрязняющих веществ зависит в первую очередь от массы вещества, выбрасываемого в атмосферу (мощности выброса) и расхода газовоздушной смеси через устье источника (трубы). Для практических целей существуют рекомендации по выбору этих параметров. В частности, мощность выброса определяется как функция количества израсходованного топлива в абсолютных единицах (тоннах, кубических метрах). Для выполнения таких расчётов требуется информация по видам и количеству использованного топлива.

В отличие от существующих методик в настоящей работе в качестве исходного параметра предложен расход топлива в энергетическом эквиваленте, соответствующим данным по выработанной электроэнергии [3]. Такой подход положен в основу алгоритмов расчёта выбросов парниковых газов (диоксид углерода  $\text{CO}_2$ , метан  $\text{CH}_4$ , закись азота  $\text{N}_2\text{O}$ , озон  $\text{O}_3$ ), которые предусматривают определение объёма диоксида углерода и других компонентов продуктов сгорания органического топлива по статистическим показателям. Достоверность статистических данных подтверждается значительным опытом сбора и обработки информации.

К основным загрязняющим веществам при сжигании органического топлива принято относить оксиды азота ( $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ ), углерода ( $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ ) и серы ( $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ ). В случае использования в качестве топлива природного газа оксиды серы и летучая зола практически отсутствуют. Из продуктов неполного сгорания обычно выделяют: оксид углерода ( $\text{CO}$ ), углеводороды ( $\text{C}_x\text{H}_x$ ), альдегиды, сажу ( $\text{C}$ ) и канцерогены. Сера в жидком топливе находится преимущественно в виде органических соединений, элементарной серы и сероводорода. Её содержание зависит от сернистости нефти, из которой он получен. Как правило, в мазуте, применяемом в качестве жидкого топлива на ТЭС, содержится много сернистых соединений. Кислотные дожди объясняются высокой концентрацией диоксида серы в атмосфере.

### **Состав вредных выбросов и их количественная оценка**

В соответствии с введёнными в действие Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 30.05.2003 №114 гигиенические нормативы [4] регламентируют предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ некоторых вредных выбросов ТЭС (таблица 1).

Названия индивидуальных веществ в таблице 1 приведены в алфавитном порядке в соответствии с правилами Международного союза теоретической и прикладной химии, ЮИПАК (International Union of Pure and Applied Chemistry,

IUPAC). Регистрационные номера соответствуют классификации Chemical Abstracts Service (CAS).

Таблица 1. – Предельно допустимые концентрации и классы опасности основных вредных веществ [4, 5]

Порядковый номер	Наименование вещества	Регистрационный номер CAS	Формула	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>		Класс опасности
				максимальная разовая	средне суточная	
4	Азота диоксид	10102-44-0	NO <sub>2</sub>	0,085	0,040	2
6	Азот (II) оксид	10102-43-9	NO	0,040	0,660	3
286	Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчёте на ванадий)			-	0,002	2
463	Сера диоксид	7446-09-5	SO <sub>2</sub>	0,500	0,050	3
521	Углерод оксид	630-08-0	CO	5,000	3,000	4

Классы опасности – по ГОСТ 12.1.007-76 [5]:

**1 класс** – чрезвычайно опасные;

**2 класс** – высоко опасные;

**3 класс** – умеренно опасные;

**4 класс** – мало опасные.

### Расчёт выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлоагрегатах тепловых электростанций на основе данных по выработанной электроэнергии

Расчёт объёма выбросов углекислого газа производится по формуле (1) [6]:

$$\text{Выброс}_{CO_2}(\text{кг}) = \text{Энергетический эквивалент затрат топлива (ТДж)} \times EF_{CO_2}(\text{кг/ТДж}), \quad (1)$$

где:

$\text{Выброс}_{CO_2}(\text{кг})$  – выбросы диоксида углерода;

$\text{Энергетический эквивалент затрат топлива (ТДж)}$  – количество затраченного топлива на производство электроэнергии, выраженное в энергетических единицах;

$EF_{CO_2}(\text{кг/ТДж})$  – коэффициент пересчёта для выбросов диоксида углерода [6], принимающий следующие значения:

	Рекомендация	Нижний предел	Верхний предел
Природный газ:	<b>56 100</b>	54 300	58 300
Мазут топочный:	<b>77 400</b>	75 500	78 800

Значения выбросов для природного газа и мазута, приведённые к выбросам углекислого газа, приводятся в таблице 2.

Таблица 2. Нормированные относительно CO<sub>2</sub> значения газообразных выбросов при сжигании органического топлива

Наименование компонентов выброса	Формула	Природный газ			Мазут топочный		
		Рекомендация	Нижний предел	Верхний предел	Рекомендация	Нижний предел	Верхний предел
<b>Парниковые газы [6]:</b>							
Диоксид углерода	CO <sub>2</sub>	<b>1,000 000</b>	1,000 000	1,000 000	<b>1,000 000</b>	1,000 000	1,000 000
Метан	CH <sub>4</sub>	<b>0,000 018</b>	0,000 006	0,000 051	<b>0,000 039</b>	0,000 013	0,000 127
Закись азота	N <sub>2</sub> O	<b>0,000 002</b>	0,000 001	0,000 005	<b>0,000 008</b>	0,000 003	0,000 025
<b>Вредные выбросы [7]:</b>							
Оксиды азота (в пересчёте на NO <sub>2</sub> )	NO <sub>x</sub>	<b>0,004 000</b>	0,002 500	0,005 500	<b>0,003 167</b>	0,001 667	0,004 667
Оксиды серы (в пересчёте на SO <sub>2</sub> )	SO <sub>x</sub>	<b>0,000 004</b>	0,000 003	0,000 005	<b>0,000 070</b>	0,000 070	0,000 070
Оксид углерода	CO	<b>0,000 002</b>	0,000 001	0,000 003	<b>0,000 009</b>	0,000 002	0,000 017

Числовые значения, приведённые в таблице 2, получены авторами в результате обработки опубликованных данных [6, 7]. Нормировка значений компонентов выбросов по отношению к диоксиду углерода придаёт методике универсальность и сводит расчёт к определению объёма выброса одного компонента (в данном случае – диоксида углерода) по формуле (1). Предложения правил [6] по оценке выбросов диоксида углерода для используемых видов топлива апробированы практикой и достоверны. Значения величин в графах «**Рекомендация**», выделенные полужирным шрифтом, рекомендуется использовать для приближённой оценки объёмов компонентов вредных выбросов. Номенклатура вредных выбросов может быть расширена в дальнейших исследованиях.

### Расчёт среднегодовых концентраций вредных выбросов

Конечной целью количественной оценки валовых вредных выбросов является определение их атмосферных концентраций. С 01.01.2018 в Российской Федерации введены «Методы расчётов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе», утверждённые приказом Минприроды России от 06.06.2017 №273 [8]. Методы введены взамен ранее действующих нормативных документов Госкомгидромета СССР (ОНД-86) и Госстроя СССР (СН 369-67, СН 369-74). Главным исполнителем работ по разработке указанных требований на протяжении

многих лет была Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова Госкомгидромета (научный руководитель д.ф.-м.н. проф. М.Е. Берлянд).

Методы [8] позволяют рассчитать поля максимальных разовых концентраций загрязняющих веществ, соответствующих сочетанию неблагоприятных метеоусловий, а также средних концентраций за длительный период времени (сезон, год). Важной с практической точки зрения является оценка расстояния от источника выброса, при котором имеет место наибольшая приземная концентрация загрязняющих веществ. Приведём основные положения этих методов.

В случае отсутствия необходимых исходных данных для расчёта методы [8] допускают упрощённый расчёт среднегодовых концентраций по формуле:

$$C = 0,1 \cdot c_M \cdot \frac{P}{P_0}, \quad (2)$$

где

$C$  и  $c_M$  – среднегодовая и максимальная разовая (рассчитанная с учётом фона) концентрация от одиночного точечного источника выброса загрязняющих веществ в расчётной точке,  $\text{мг/м}^3$ ;

$P$  – среднегодовая повторяемость ветров румба, соответствующая переносу загрязняющего вещества от точечного источника в расчётную точку, %;

$P_0$  – повторяемость направлений ветров одного румба (для восьмирумбовой розы ветров  $P_0 = 12,5\%$ ), %.

В случае, если  $P < P_0$ , принимается  $P = P_0$ .

Расчёт по формуле (2) даёт завышенную оценку среднегодовых концентраций, что вполне приемлемо для расчётного прогноза.

Максимальная приземная разовая концентрация загрязняющего вещества  $c_M$  ( $\text{мг/м}^3$ ) при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем при опасной скорости ветра  $u_M$  (м/с) на расстоянии  $x_M$  (м) определяется по формуле:

$$c_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot t \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1} \cdot \Delta T}. \quad (3)$$

Расстояние  $x_M$  (м) от источника выброса, на котором приземная концентрация загрязняющего вещества достигает максимального значения  $c_M$ , определяется по формуле:

$$x_M = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H. \quad (4)$$

Физический смысл параметров, входящих в формулы (3) и (4), объясняется в [8]. В формулах введены обозначения:

$A$  – безразмерный коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, определяющий условия горизонтального и вертикального рассеивания

(для европейской территории Российской Федерации севернее 52° с.ш. коэффициент  $A$  принимается равным  $A = 160$  [8, Приложение 1]);

$F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющего вещества в атмосферном воздухе, определяется в соответствии с указаниями [8, Приложение 2]. Для газообразных загрязняющих веществ и мелкодисперсных аэрозолей диаметром не более 10 мкм коэффициент  $F$  принимает значение  $F = 1$ ;

$m$  и  $n$  – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выброса из устья источника, определяемые как функции параметров выброса и размеров источника по методам [8];

$\eta$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности [8]; В случае ровной или слабопересечённой местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, равен  $\eta = 1$ ;

$V_1$  – расход газовой смеси, м<sup>3</sup>/с;

$\Delta T$  – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси и температурой атмосферного воздуха, °С;

$d$  – безразмерный коэффициент, определяемый по формулам методов [8] как функция параметров выброса и размеров источника.

Допускается применение расчётных моделей, основанных на приближённом решении полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии. Решение уравнения для пространственного распределения полей концентраций в гауссовой форме используется в большинстве нормативных документов, принятых во многих странах мира [9-14]. Из наиболее полных и достоверных зарубежных моделей следует отметить методику AERMOD, разработанную и утвержденную в 1995 году Агентством по защите окружающей среды США (U.S. Environmental Protection Agency, EPA) в качестве рабочей методики для расчёта полей концентраций загрязняющих веществ при выбросах из различных промышленных источников [15, 16].

### **Пример реализации методики**

Приводимый ниже пример имеет цель демонстрации возможностей предложенной методики.

Исходные данные для расчёта выбраны для тепловой электростанции с установленной электрической мощностью около 50-55 МВт. Перечень исходных данных приводится в таблице 3. Рассматриваются два варианта органического топлива: природный газ и топочный мазут. Предполагается, что объект размещён в Тихвинском районе.

Суммарный годовой выброс загрязняющих веществ и парниковых газов приводится в таблице 4. Расчёт выполнен для случаев использования в качестве органического топлива природного газа и топочного мазута. Обращает на себя внимание значительное количество углекислого газа, выбрасываемого в атмосферу.

На рис. 2 приводятся результаты расчётного прогноза сезонных концентраций загрязняющих веществ для наиболее вероятных летних и зимних условий. Из представленных данных видно, что при положительных температурах концентрации загрязняющих веществ в приземных слоях атмосферного воздуха выше, чем в условиях морозного воздуха. Различаются также расстояния от источника выброса, на котором приземная концентрация загрязняющего вещества достигает максимального значения.

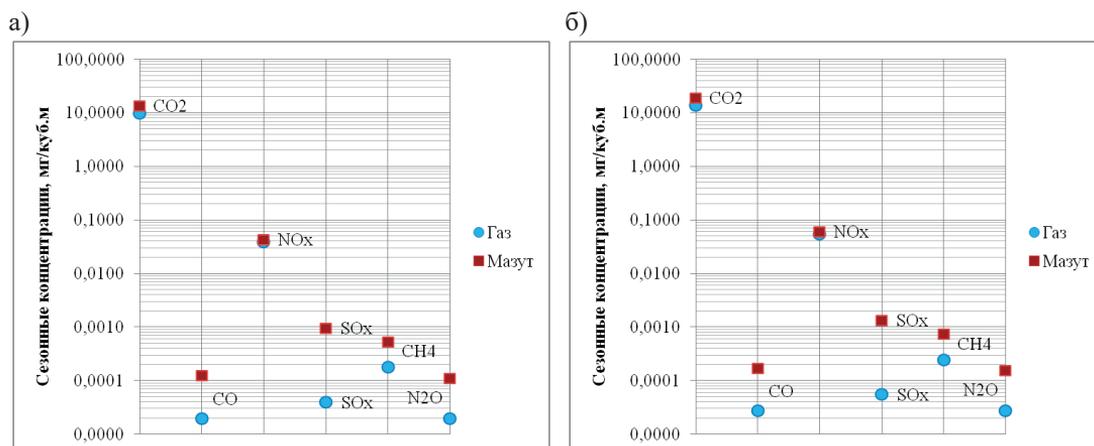
Таблица 3. – Исходные данные для расчётного примера

Наименование	Обозначение	Размерность	Величина
Электрическая мощность, выработанная за год	Э	$\times 10^6$ кВт·ч	250
		ТДж	900
Коэффициент полезного действия оборудования станции	КПД	%	35
Годовой расход топлива в энергетических единицах <sup>1)</sup> , ТДж	$Q$	ТДж	2 570
Годовой ресурс рабочего времени	$T_{р.в.}$	дней	365
Коэффициент температурной стратификации [8]	$A$	-	160
Коэффициент скорости оседания загрязняющих веществ [8]	$F$	-	1,0
Коэффициент рельефа местности [8]	$\eta$	-	1,0
Высота трубы	$H$	м	40,0
Диаметр устья трубы	$D$	м	1,4
Средняя скорость выхода ГВС из устья	$w_0$	м/с	зима: 5,0 лето: 4,0
Температура ГВС на выходе из устья	$T_1$	°С	100
Температура окружающего воздуха обеспеченностью 0,94 в январе и 0,98 в июле [18]	$T_0$	°С	зима: -12,0 лето: +25,0
Максимальная (в январе) и минимальная (в июле) из средних скоростей ветра по румбам [18]	$u$	м/с	зима: 3,2 лето: 3,3

<sup>1)</sup> Пересчёт абсолютных единиц топлива в энергетические регламентирован «Методологическими положениями...», утверждёнными Постановлением Госкомстата Российской Федерации от 23.06.1999 №46 [17].

Таблица 4. – Суммарный годовой выброс в атмосферу газообразных загрязняющих веществ при работе ТЭС

Наименование	Обозначение	Природный газ	Мазут
Диоксид углерода, т	CO <sub>2</sub>	144 260	199 030
Оксид углерода, т	CO	0	2
Оксиды азота (в пересчёте на NO <sub>2</sub> ), т	NO <sub>x</sub>	580	630
Оксиды серы (в пересчёте на SO <sub>2</sub> ), т	SO <sub>x</sub>	1	14
Метан, т	CH <sub>4</sub>	3	8
Закись азота, т	N <sub>2</sub> O	0	2



Расстояние от источника выброса, на котором приземная концентрация загрязняющего вещества достигает максимального значения:

$$x_M = 400 \text{ м}$$

Расстояние от источника выброса, на котором приземная концентрация загрязняющего вещества достигает максимального значения:

$$x_M = 330 \text{ м}$$

Рис. 2. Расчётная оценка выбросов основных загрязняющих веществ, выполненная по предложенной методике для климатических условий холодного и тёплого сезонов:

а) – зима; б) – лето

Суммарное воздействие загрязняющих веществ  $\bar{C}_i$  определяется зависимостью:

$$\bar{C}_i = \frac{C_{NO_2i}}{ПДК_{NO_2i}} + \frac{C_{SO_2i}}{ПДК_{SO_2i}} + \frac{C_{COi}}{ПДК_{COi}}, \quad (5)$$

где индекс  $i$  принимает значение:

$i = 1$  – для природного газа;

$i = 2$  – для топочного мазута.

Приведённая концентрация (5) отражает случай суммации загрязняющих веществ [4]. В качестве значений концентраций приняты их среднегодовые

концентрации для преобладающих направлений ветра в Тихинском районе (рис. 3). Предельно допустимые концентрации соответствуют среднесуточным концентрациям.

Расчёт даёт следующие значения:

$$\bar{C}_1 = 1,080 ;$$

$$\bar{C}_2 = 1,199 .$$

Полученные результаты свидетельствуют о завышенных значениях суммарных воздействий, однако, величина превышения соизмерима с точностью оценки этих параметров и условности принятых исходных данных.

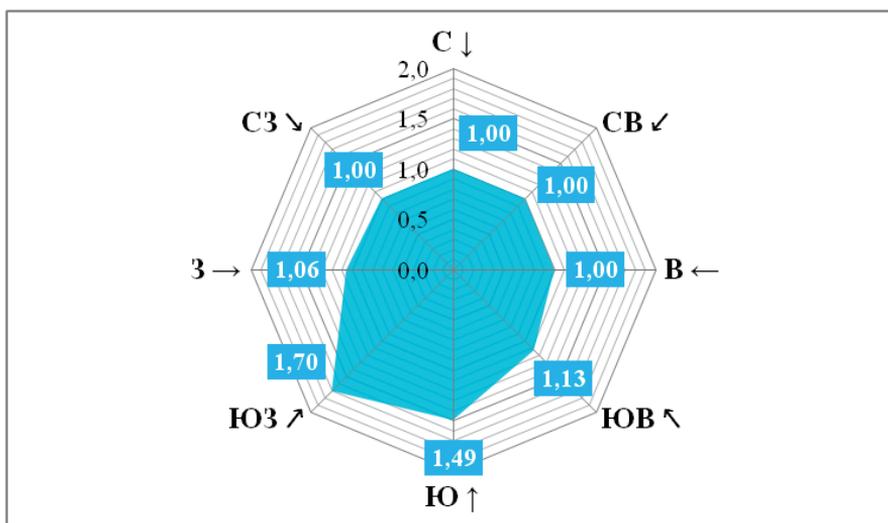


Рис. 3. Принятое в соответствии с рекомендациями методов [8] соотношение  $\frac{P}{P_0}$  для климатических условий Тихвинского района

## Заключение

Результатом настоящей работы является методика расчётного прогноза объёмов загрязнений атмосферного воздуха тепловыми электростанциями. Новизна предложенного подхода заключается в том, что в основу расчёта валовых выбросов загрязняющих веществ положен объём выработки электроэнергии за рассматриваемый период, в то время как традиционные методики базируются на массе израсходованного топлива в абсолютных единицах. В некоторых случаях такой подход обладает преимуществами, например, при проектировании объектов электроэнергетики, когда мощность станции является важнейшим параметром

технического задания. Прогноз объёма выбросов загрязняющих веществ, оценка и оптимизация параметров технических решений системы отведения дымовых газов в этом случае значительно облегчается.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Минобрнауки России № 075-01351-23ПР на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов от 27 декабря 2022 года Санкт-Петербургскому научному центру РАН, тема FWGF-2019-0001.

## Литература

1. Схема и программа развития электроэнергетики Ленинградской области на 2021-2025 годы. Пояснительная записка. Том 1. Книга 1. Часть 1. 2021. – 236 с.
2. Схема и программа развития электроэнергетики Ленинградской области на 2021-2025 годы (в части теплоснабжения). Том 1. Книга 3. 2021. – 138 с.
3. Кляус К.М., Пожарская О.Д. Методика расчёта загрязнения атмосферы на основе данных о производимой электрической и тепловой энергии // Проблемы современной экономики. Евразийский международный научно-аналитический журнал, 2022, № 4(84). – С. 177-182.
4. ГН 2.1.6.1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест: Гигиенические нормативы. – М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава РФ, 2003. – 86 с.
5. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2007. – 7 с.
6. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 2. Energy / Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme // The Institute for Global Environmental Strategies (IGES). 2006.
7. Защита атмосферы от промышленных загрязнений: Справ. изд. в 2-х частях. Под ред. С. Калверта и Г.М. Инглунда / Пер. с англ. – М.: Metallurgia, 1988.
8. Методы расчётов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе / Утверждены приказом Минприроды России от 06.06.2017 №273.
9. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнение атмосферы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 448 с.
10. Turner D.B. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates / U.S. Department of Health, Education, and Welfare. – U.S. Government Printing Office, 1970. – 84 p.

11. *Lees F.P.* Loss Prevention in the Process Industries. Hazard Identification, Assessment and Control. Vol. 1, 2, 3. Second Edition. – London: Butterworth-Heinemann (Reed Educational and Professional Publishing), 1996. – 2727 p.
12. *Mannan S.* Lee's Loss Prevention in the Process Industries. Hazard Identification, Assessment and Control. Vol. 1, 2, 3. Third Edition. – Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. – 3708 p.
13. *Seinfeld J.H., Pandis S.N.* Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. Second Edition. – John Wiley & Sons, Inc., 2006. – 1225 p.
14. *Stull R.* Meteorology for Scientists and Engineers. Third Edition / Chapter 19. Air Pollution Dispersion, 2015, p. 723-744.
15. *Cimorelli A.J., Perry S., Venkatram A.* et al. AERMOD: A Dispersion Model for Industrial Source Applications. Part I: General Model Formulation and Boundary Layer Characterization // Journal of Applied Meteorology. May 2005, Vol. 44. – pp. 682-693.
16. *Perry S., Cimorelli A.J., Pain R.J.* et al. AERMOD: A Dispersion Model for Industrial Source Applications. Part II: Model Performance against 17 Field Study Databases // Journal of Applied Meteorology. May 2005, Vol. 44. – pp. 694-708.
17. Постановление Госкомстата «Об утверждении «Методологических положений по расчёту топливно-энергетического баланса Российской Федерации в соответствии с международной практикой» от 23.06.1999 №46.
18. СП 131.13330-2018 Свод правил. Строительная климатология. СНиП 23.01-99. – М.: Стандартинформ, 2019. 113 с.

## Мультимодальные перевозки: экологический аспект

*К.М. Кляус*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5

Как известно под мультимодальной (или смешанной) перевозкой понимается перевозка, осуществляемая различными транспортными средствами (в данном случае как железнодорожными, так и автомобильными) и предусматривающая промежуточные операции грузообработки. В предлагаемой методике рассматриваются только транспортные средства, оснащённые двигателями внутреннего сгорания. Использование локомотивов с электроэнергетической установкой относится к случаю оценки косвенных выбросов и поэтому требует специального рассмотрения. Методика базируется на расчётном прогнозе суммарных расходов топлива транспортных средств, осуществляющих перевозку. Оценка выбросов углекислого газа производится на основе действующих руководящих документов Минприроды России.

В условиях Российской Федерации наибольшей экономической эффективностью обладают два вида транспорта: автомобильный – на расстояниях, не превышающих 1,0 тыс. км, и железнодорожный – в случае дальних перевозок. Некоторые особенности данных видов транспорта приведены в таблице 1.

Представленные в таблице 1, а также многие другие особенности рассматриваемых транспортных систем приводят к выводу, что унимодальная (одновидовая) транспортировка грузов возможна лишь в случае применения автомобильного транспорта. Во всех остальных случаях осуществляется смешанная перевозка, предусматривающая промежуточные операции грузообработки и временного складирования. Наиболее распространённым примером смешанных схем является обслуживание автотранспортными фирмами железнодорожных станций логистических транспортных узлов.

Выбор вида транспорта и способа перевозки определяется минимизацией транспортных затрат и времени доставки (транзитного времени). В большинстве случаев это приводит к смешанной схеме. Смешанная перевозка называется мультимодальной в том случае, когда «лицо, организующее перевозку, несёт за неё ответственность на всём пути следования – независимо от числа участвующих видов транспорта» и «при этом оформляется единый перевозочный документ» [1].

Таблица 1 – Некоторые сравнительные характеристики железнодорожного и автомобильного видов транспорта [1, 2]

Сравнительная характеристика	Железнодорожный транспорт	Автомобильный транспорт
Скорость доставки грузов: на расстояниях до 1,0 тыс. км  на расстояниях свыше 1,0 тыс. км	Зависит от провозной и пропускной способности дороги Высокая	Высокая  Высокая в пределах сети высокоскоростных специализированных автомагистралей, в остальных случаях уступает скорости доставки железнодорожным транспортом
Возможность доставки грузов на условиях <i>ЛТГ</i> («точно в срок») и «от двери до двери»	В большинстве случаев отсутствует	Имеется и, как правило, является приоритетом при выборе логистической схемы
Тарифы на перевозки	Низкие с предусмотренной системой скидок	Высокие (особенно на больших расстояниях из-за высокой себестоимости перевозок)
Капитальные вложения	Высокие	Сравнительно невысокие в условиях освоенных автомагистралей. Значительных затрат требует строительство высокоскоростных автомагистралей в рамках МТК
Зависимость от климатических факторов	Практически отсутствует	Значительная
Возможность выбора перевозчика	Ограничена (естественная монополия)	Широкие возможности

Предлагаемый проект методики ориентируется на общий случай мультимодальных перевозок, что является условием её универсальности.

### **Методика расчёта расходов топлива транспортных средств при доставке грузов**

Как отмечено выше, методика расчёта выбросов парниковых газов при доставке партии груза ориентирована на мультимодальные перевозки (в нашем случае ограничимся железнодорожным и автомобильным видами транспорта).

Расчётный прогноз количества выбросов основывается на оценке расходов топлива транспортных средств при выполнении перевозки и/или затрат электроэнергии локомотивов в пересчёте на условное топливо по угольному эквиваленту. Ниже мы ограничимся только транспортными средствами с дизельными двигателями.

Расход топлива определяется мощностью двигателя и продолжительностью его работы, иными словами, расстоянием пробега и средней скоростью на данном участке пути. Для автомобильного транспорта в силу общего правила принят объёмный измеритель – количество литров топлива на 100 км пути с пересчётом в массовый расход на основе плотности топлива.

В случае железнодорожных перевозок методика предполагает оценку условной доли общего расхода топлива локомотива, приходящейся на данный груз как отношение числа занятых этим грузом вагонов к общему числу вагонов состава. Такое допущение полностью справедливо для случая контейнерных грузов. В случае автомобильных перевозок принято, что груз доставляется одним транспортным средством (седельный тягач – прицеп).

При выполнении оценки расхода топлива для случая железнодорожных перевозок методика учитывает работу маневровых локомотивов на сортировочных станциях.

### **Исходные данные**

Маршрут доставки груза разбивается на необходимое количество участков, включая сортировочные станции железнодорожных узлов (индекс  $k$ ). Для каждого участка определяется состав задействованных транспортных средств (индекс  $j$ ).

Для каждого участка вводятся параметры, необходимые для оценки расходов топлива.

Для железнодорожных перевозок:

$D_{jk}$  – длина  $k$ -го участка пути или перегонов на сортировочной станции;

$v_{jk}$  – средняя скорость на  $k$ -м участке пути или перегонах сортировочной станции;

$N_{jk}$  – общее число вагонов в ж/д составе при перевозке на  $k$ -м участке пути;

$P_j$  – эффективная (номинальная) мощность локомотива типа  $j$ ;

$g_j$  – удельный расход топлива локомотива типа  $j$ , приведённый к номинальной мощности и времени работы.

Данные по параметрам маршрута и подвижного состава представляются в матричной форме. Данные в форме таблицы 2 представляются отдельно для магистральных и маневровых тепловозов. В одной из них указываются данные для участков дороги между узловыми станциями, в другой – ориентировочные данные по протяжённости участков путей при сборке состава на промежуточной станции при помощи маневровых локомотивов.

Таблица 2 – Исходные данные для железнодорожных перевозок

Типы локомотивов	Участки транспортного маршрута					
	$k = 1$	$k = 2$	...	$k = m$	...	$k = K$
$j = 1$	$N_{11}$	$N_{12}$	...	$N_{1m}$	...	$N_{1K}$
	$v_{11}$	$v_{12}$	...	$v_{1m}$	...	$v_{1K}$
	$D_{11}$	$D_{12}$	...	$D_{1m}$	...	$D_{1K}$
$j = 2$	$N_{21}$	$N_{22}$	...	$N_{2m}$	...	$N_{2K}$
	$v_{21}$	$v_{22}$	...	$v_{2m}$	...	$v_{2K}$
	$D_{21}$	$D_{22}$	...	$D_{2m}$	...	$D_{2K}$
...	...	...	...	...	...	...
$j = n$	$N_{n1}$	$N_{n2}$	...	$N_{nm}$	...	$N_{nK}$
	$v_{n1}$	$v_{n2}$	...	$v_{nm}$	...	$v_{nK}$
	$D_{n1}$	$D_{n2}$	...	$D_{nm}$	...	$D_{nK}$
...	...	...	...	...	...	...
$j = J$	$N_{J1}$	$N_{J2}$	...	$N_{Jm}$	...	$N_{JK}$
	$v_{J1}$	$v_{J2}$	...	$v_{Jm}$	...	$v_{JK}$
	$D_{J1}$	$D_{J2}$	...	$D_{Jm}$	...	$D_{JK}$

Технические характеристики магистральных и маневровых тепловозов, в частности, эффективная мощность  $P_j$  (кВт) и удельный расход топлива  $g_j$  (кг/кВт·ч), определяются в зависимости от типов локомотивов, задействованных в перевозке грузов.

Для автомобильных перевозок:

$D_{jk}$  – длина  $k$ -го участка пути;

$v_{jk}$  – средняя скорость на  $k$ -м участке пути;

$g^*_j$  – удельный расход топлива седельного тягача типа  $j$ , приведенный к 100 км пути.

Для автомобильных перевозок матрица принимает аналогичный предыдущему случаю вид (см. табл. 3).

Таблица 3 – Исходные данные для автомобильных перевозок

Типы тягачей	Участки транспортного маршрута					
	$k = 1$	$k = 2$	...	$k = m$	...	$k = K$
$j = 1$	$v_{11}$	$v_{12}$	...	$v_{1m}$	...	$v_{1K}$
	$D_{11}$	$D_{12}$	...	$D_{1m}$	...	$D_{1K}$
$j = 2$	$v_{21}$	$v_{22}$	...	$v_{2m}$	...	$v_{2K}$
	$D_{21}$	$D_{22}$	...	$D_{2m}$	...	$D_{2K}$
...	...	...	...	...	...	...
$j = n$	$v_{n1}$	$v_{n2}$	...	$v_{nm}$	...	$v_{nK}$
	$D_{n1}$	$D_{n2}$	...	$D_{nm}$	...	$D_{nK}$
...	...	...	...	...	...	...
$j = J$	$v_{J1}$	$v_{J2}$	...	$v_{Jm}$	...	$v_{JK}$
	$D_{J1}$	$D_{J2}$	...	$D_{Jm}$	...	$D_{JK}$

Основной технической характеристикой, необходимой для выполнения расчётной оценки расхода топлива, является удельный расход топлива, приведённый к 100 км пройденного пути в загруженном состоянии. Расчётное значение плотности дизельного топлива определяется на основании технических условий в зависимости от его марки. В случае отсутствия фактических данных значение плотности топлива принимается равным 0,85 кг/л. Это значение, принятое по умолчанию, не вносит существенной ошибки в расчёты.

### Расчётная методика

Расчётная методика предполагает определение расхода топлива с последующим пересчётом на выделение углекислого газа.

Для железнодорожных перевозок определяется доля затрат топлива, приведённая к данному грузу, в зависимости от соотношения числа вагонов, занятых грузом к общему количеству вагонов в составе, например,  $\left(\frac{n}{N_{jk}}\right) = \frac{3}{50}$ .

$$t_{jk} = g_j \cdot P_j \cdot \left(\frac{1}{v_{jk}}\right) \cdot D_{jk} \cdot \left(\frac{n}{N_{jk}}\right). \quad (1)$$

Для автомобильных перевозок формула для расчётной оценки  $t_{jk}$  упрощается:

$$t_{jk} = g_j \cdot \left( \frac{D_{jk}}{100} \right) \cdot n. \quad (2)$$

Общий расход топлива  $T$  определяется суммированием по всем маршрутам перевозок и типам используемых транспортных средств (т):

$$T = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K t_{jk}. \quad (3)$$

Далее в соответствии с правилами осуществляется пересчёт затрат топлива на величину выделений углекислого газа:

$$B = EF_{CO_2} \cdot T, \quad (4)$$

где

$B$  – суммарное выделение углекислого газа транспортными средствами, приведённое к перевозке грузов (т CO<sub>2</sub>).

$EF_{CO_2}$  – коэффициент выбросов CO<sub>2</sub> от сжигания дизельного топлива (т CO<sub>2</sub>/т).

В соответствии с «Методическими указаниями...» [3] коэффициент  $EF_{CO_2}$  рекомендуется принимать равным  $EF_{CO_2} = 3,15$ .

Программирование предложенной методики не представляет трудностей и может быть реализовано в доступных вычислительных системах.

В Российской Федерации данные о потреблении топливных ресурсов представляются в физических единицах (например, в тыс. т). Единицей энергии в системе СИ является джоуль (Дж). В методике МГЭИК (2006) используется данный энергетический эквивалент количества сжигаемого топлива [4].

## Пример использования разработанной методики

В качестве иллюстративного примера рассматривается перевозка груза из Санкт-Петербурга (Предприятие-поставщик – грузоотправитель) в г. Плавск Тульской области (Предприятие-заказчик – грузополучатель).

Предполагается, что груз размещён в контейнерах: TEU 20 – 3 шт., TEU 40 – 1 шт.

Рассмотрим два варианта доставки груза (рис. 1).

Первый вариант:

1. Перевозка по железной дороге СПб-Москва (ок. 700 км).
2. Перевозка по железной дороге Москва-Тула (например, с отцеплением вагонов с грузом на станции «Тула Курская» при следовании грузового состава по маршруту Москва-Белгород – ок. 200 км).
3. Перевозка автотранспортом по автодороге Тула-Плавск (ок. 70 км).

На всех сортировочных станциях (СПб, Москва, Тула) задействованы маневровые тепловозы. Для размещения груза при железнодорожных перевозках требуется 3 вагона (2 – для размещения контейнеров TEU20 длиной по 6,1 м и 1 для TEU40 длиной 12,2 м). При перевозке автомобильным транспортом – 4 седельных тягача с трейлерами для полноразмерных контейнеров длиной 12,2 м (1 автомобиль на контейнер, шестиметровые контейнеры закрепляются каждый на своём прицепе).

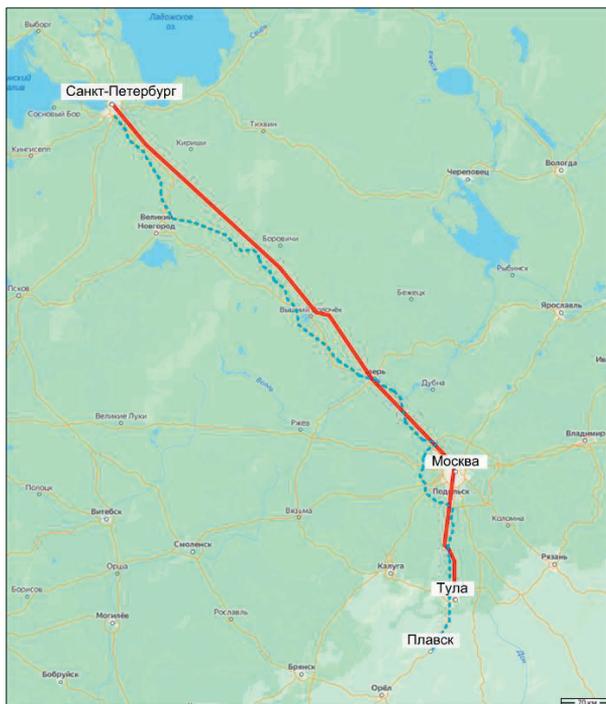


Рис. 1. Схема доставки грузов Санкт-Петербург – Плавск  
На схеме обозначено:

- Перевозка по железной дороге
- - - Перевозка автотранспортом

Таблица 4 – Сортировка вагонов на узловых станциях. Исходные данные

Локомотив		Эффективная мощность $P_j$ , кВт	Удельный расход топлива $g_j$ , кг/кВт·ч	Расчётные значения параметров методики	Узловые станции		
					Санкт-Петербург $k = 1$	Москва $k = 2$	Тула $k = 3$
$j = 1$	ТЭМ2	880	0,210	$N_{1k}$	10		5
				$v_{1k}$	10		10
				$D_{1k}$	10		5
$j = 2$	ТЭМ28	895	0,210	$N_{2k}$		10	
				$v_{2k}$		10	
				$D_{2k}$		5	

В таблице 4 и в дальнейшем (табл. 5-7) выбор типов транспортных средств произволен. Предполагается, что погрузка контейнеров на платформы производится на территории отправителя (имеется железнодорожная ветка Предприятие-поставщик – ст. Санкт-Петербург-Сортировочная).

Таблица 5 – Перевозка грузов по железной дороге. Исходные данные

Локомотив		Эффективная мощность $P_j$ , кВт	Удельный расход топлива $g_j$ , кг/кВт·ч	Расчётные значения параметров методики	Перегоны	
					Санкт-Петербург – Москва	Москва – Тула
Номер	Тип				$k = 1$	$k = 2$
$j = 1$	2ТЭ25К	4 000	0,220	$N_{1k}$		40
				$v_{1k}$		70
				$D_{1k}$		200
$j = 2$	ТГ16М	4 000	0,220	$N_{2k}$	50	
				$v_{1k}$	80	
				$D_{1k}$	700	

Второй вариант:

Прямая перевозка автомобильным транспортом по маршруту СПб-Москва-Тула-Плавск (ок. 1 100 км). При перевозке автомобильным транспортом, как и в предыдущем случае, задействованы 4 седельных тягача КАМАЗ-65116-48 с трейлерами для перевозки контейнеров. Данный пример доставки грузов относится к унимодальным перевозкам.

Таблица 6 – Перевозка грузов по автомобильной дороге (шоссе Тула – Белгород). Исходные данные

Седельный тягач		Эффективная мощность $P_j$ , кВт	Удельный расход топлива $g^*_j$ , л/100 км	Расчётные значения параметров методики	Прямая доставка Тула - Плавск
Номер	Тип				$k = 1$
$j = 2$	КАМАЗ-65116-48	220	30	$v_{2k}$	80
				$D_{2k}$	70

Таблица 7 – Доставка грузов в режиме «от двери до двери». Исходные данные

Седельный тягач		Эффективная мощность $P_j$ , кВт	Удельный расход топлива $g^*_j$ , л/100 км	Расчётные значения параметров методики	Прямая доставка Тула - Плавск $k = 1$
Номер	Тип				
$j = 2$	КАМАЗ-65116-48	220	30	$v_{2k}$	80
				$D_{2k}$	1 100

### Результаты расчётов

Результаты расчётов приведены в таблице 8 и на рис. 2 и 3.

Таблица 8 – Результаты оценки расчётных параметров выделений углекислого газа

	Наименование расчётного параметра	Вариант	
		1	2
1	Выделение углекислого газа при сортировке, т	0,439	0,000
2	Выделение углекислого газа при перевозке ж/д транспортом, т	2,421	0,000
3	Выделение углекислого газа при перевозке автотранспортом, т	0,226	3,546
4	Общее выделение углекислого газа, т	3,086	3,546
5	Общее время доставки груза <sup>1</sup> , ч	29	17

<sup>1</sup> С учётом суммарного времени простоя на сортировочных станциях, принятое в данном конкретном случае равным времени доставки (требует уточнения в каждой ситуации)

### Заключение

1. Предлагаемая методика является приближённой. Для разработки рабочей версии требуется большой объём данных по подвижному составу железнодорожного парка и автотранспортным предприятиям, оказывающим услуги по перевозке тяжёлых крупногабаритных грузов (в первую очередь – контейнеров). Учитывая изменчивость этих данных, необходимо производить регулярное их обновление. В период отладки методики целесообразно ограничить охват территории Северо-Западным регионом и рядом областей Центрального Федерального округа (в частности, железнодорожный сегмент – Октябрьской и Северной железными дорогами).

2. Целесообразно распространить разработанную методику на оценку выбросов других парниковых газов и вредных веществ.

3. По завершении разработки реализованный модуль расчёта выбросов парниковых газов может быть интегрирован заинтересованными организациями в систему оптимизации перевозок по критериям наименьших транспортных затрат и времени доставки грузов.

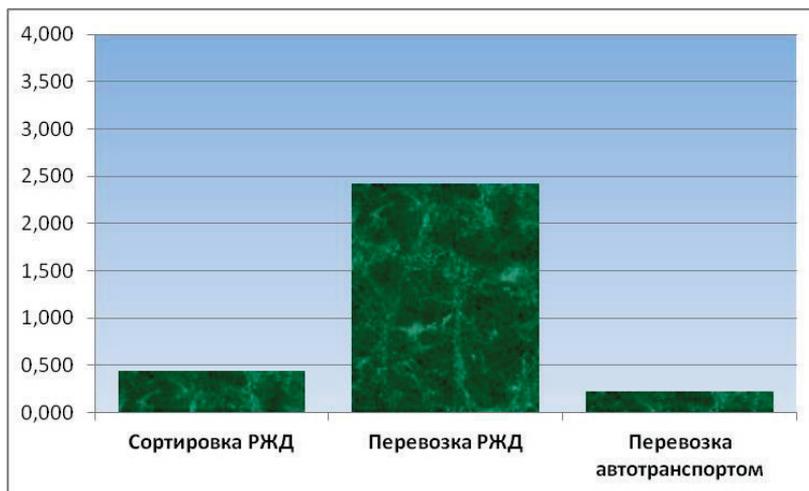


Рис. 2. – Количественная оценка выделений углекислого газа в тоннах при мультимодальной перевозке грузов

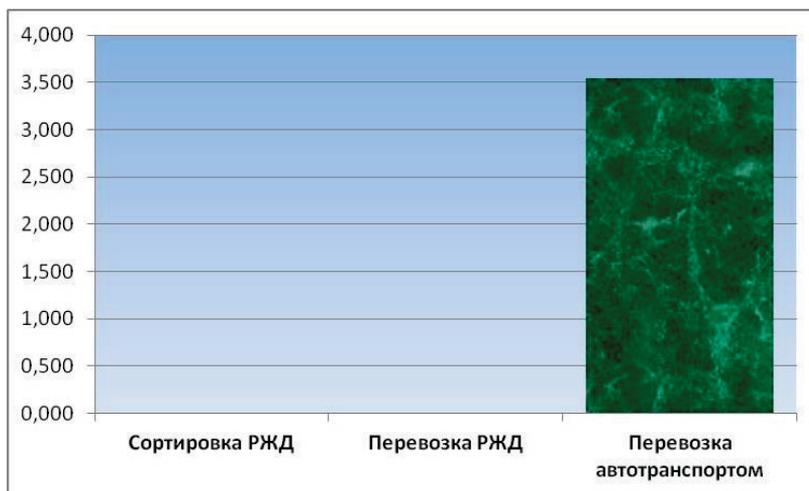


Рис. 3. – Количественная оценка выделений углекислого газа в тоннах при унимодальной перевозке грузов автотранспортом в режиме «от двери до двери»

Публикация подготовлена в рамках выполнения Государственного задания Минобрнауки России № 075-01351-23ПР на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов от 27 декабря 2022 года Санкт-Петербургскому научному центру РАН, тема FWGF-2019-0001.

## Литература

1. *Корпоративная логистика*. 300 ответов на вопросы профессионалов. / Под общ. и научн. редакцией проф. В.И. Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 976 с.
2. *Лукьянова О., Хусаинов Ф.* О конкуренции железнодорожного и автомобильного транспорта на рынке грузовых перевозок // Вектор транспорта. Научно-практический альманах. Выпуск № 2, июнь 2014. С. 30-32.
3. *Методические указания и руководство по количественному определению объёма выбросов парниковых газов организациями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность в Российской Федерации, утвержденные приказом Минприроды России от 30.06.2015 №300.*
4. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 2. Energy.* / Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme // The Institute for Global Environmental Strategies (IGES). 2006. P. 3.39-3.47.



### **3. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ПЕРИОД 2021-2022 ГОДОВ**



**Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук:  
научно-организационная деятельность в области исторических и  
общественных наук**

*Е.А. Иванова, Л.Г. Николаева*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5

Санкт-Петербургским научным центром РАН в 2020–2022 гг. в области гуманитарных и общественных наук организован и проведен совместно с другими научными организациями ряд крупных международных конференций.

Международная научная конференция «Миллеровские чтения – 2020: Преемственность и традиции в сохранении и изучении документального академического наследия» проходила 21–24 октября 2020 г. в заочном формате с возможным очным участием докладчиков. Среди 125 участников конференции были представители Германии, Черногории, Польши, Дании, Китая, Украины, Италии, Франции, Республики Беларусь, а также учёные из различных регионов и городов России: Санкт-Петербурга, Москвы, Северной Осетии, Владикавказа, Краснодар, Сиктывкара, Томска.

24 октября 2020 г. в Санкт-Петербурге прошла Международная научная конференция «Вторые Пчелинские чтения», приуроченная к 125-летию со дня рождения известного кавказоведа Евгении Георгиевны Пчелиной (1895–1972), неутомимой исследовательницы археологии и этнографии осетин, в организации которой принимал участие Совет по общественным и гуманитарным наукам СПбНЦ РАН.

Санкт-Петербургский научный центр является соучредителем Санкт-Петербургского отделения Национального комитета по истории и философии науки и техники РАН и тесно взаимодействует с ним. Ежегодно проводятся совместные научные конференции, в которых участвует около 300 человек. В дистанционном формате 26–30 октября 2020 года прошла XLI Международная научная конференция «Учёный и эпоха: к 170-летию со дня рождения Н.И. Кареева и С.В. Ковалевской». Следующая, XLII ежегодная конференция «Наука и техника в годы бурь и потрясений (к юбилеям А.П. Карпинского и Л.С. Берга)» проводилась 25–29 октября 2021 года, в рамках её было представлено более 170 научных докладов. Очередная XLIII научная конференция «Академия наук и научные центры союзных республик (К 100-летию образования СССР)» состоялась 24–28 октября 2022 года. Программа

включала проведение пленарного заседания, заседаний 17-ти научных секций и трёх круглых столов. В этих ежегодных конференциях Санкт-Петербургского отделения Российского национального комитета по истории и философии науки и техники РАН принимают участие не только санкт-петербургские исследователи, но и учёные из других регионов России: Апатит, Белгорода, Владивостока, Казани, Листвянки, Москвы, Московской области, Новосибирска, Сортавалы, Сыктывкара и ряда зарубежных стран: Азербайджана, Беларуси, Латвии, Франции, Украины. Материалы пленарных заседаний и заседаний секций публикуются в ежегодниках «Наука и техника: Вопросы истории и теории». В 2022 году издан 38-й выпуск этого сборника.

Санкт-Петербургский научный центр постоянно выступает соорганизатором сессий Международной школы социологии науки и техники имени С.А. Кугеля. 2-3 декабря 2021 года состоялась XXXVI сессия «Социальные исследования науки: история и современность», которая была приурочена к 90-летию участия советской делегации во II-м Международном конгрессе по истории науки и техники в Лондоне в 1931 году. В мероприятии приняли участие ведущие специалисты России и зарубежных стран. Материалы каждой сессии публикуются в сборнике «Проблемы деятельности учёного и научных коллективов», в который включаются статьи не только преподавателей Школы, но и ее слушателей. В 2022 году издание насчитывает 38 выпусков.

Ещё одним крупным мероприятием, в организации которого участвовал СПбНЦ РАН, является Международная научная конференция «Пётр I и становление российской науки», посвящённая 350-летию со дня его рождения, которая проходила в Санкт-Петербургском государственном университете с 3 по 5 октября 2022 года. Среди участников конференции были историки, филологи, лингвисты, искусствоведы, музеологи, культурологи, исследователи истории науки из крупнейших научных центров Российской Федерации – Москвы, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга, Новосибирска, Омска и других городов, а также из Великобритании, Франции и Беларуси. На пленарном и секционных заседаниях конференции заслушано более 80 докладов. Исследователи обсудили проблемы становления и развития различных отраслей науки, образования, книгоиздательства и музейного дела. В рамках работы конференции состоялось открытие выставки «Петр I и наука», на которой были представлены рукописные и печатные книги, гравюры и карты из фондов БАН, посвящённые становлению науки и образования в России в петровское время (рис. 1).

Отметим и другие мероприятия в области гуманитарных и общественных наук. В Санкт-Петербургском научном центре РАН 28 апреля 2021 года прошёл «День Института истории материальной культуры РАН», посвящённый 102 годовщине института, на котором состоялось торжественное подписание соглашения о создании университетско-академического консорциума «Культурный код» (рис. 2).



Рис. 1. Открытие международной научной конференции «Пётр I и становление российской науки». Санкт-Петербургский государственный университет. 03.10.2022



Рис. 2. Юбилейные торжества Института истории материальной культуры РАН. Торжественное подписание соглашения о создании университетско-академического консорциума «Культурный код». Санкт-Петербургский научный центр РАН. 28.04.2022

30 сентября 2021 года в Большом конференц-зале СПбНЦ РАН состоялся показ фильма, созданного Продюсерским центром UniProject «Слишком много счастья» – документально-биографической киноленты о Софье Ковалевской, первой в России женщине-математике и первой в мире женщине-профессоре математики. «Слишком много счастья» – авторский проект режиссёра Александра Новинского, работа над которым велась с 2015 года. Содействие в постановке этого фильма оказал Объединённый научный совет по общественным и гуманитарным наукам СПбНЦ РАН. В фильме использовалось интервью с заместителем председателя Совета по общественным и историко-филологическим наукам РАН членом-корреспондентом РАН И.И. Елисеевой (рис. 3).



Рис. 3. Показ фильма «Слишком много счастья. Софья Ковалевская». Интервью с заместителем председателя Совета по общественным и историко-филологическим наукам РАН членом-корреспондентом РАН И.И. Елисеевой

Объединенный научный совет по общественным и гуманитарным наукам проводит свои заседания 3–4 раза в год, на них заслушиваются научные доклады, вопросы, связанные с проведением конференций и издательской деятельностью, обсуждаются научные и организационные проблемы, результаты экспертиз, планы работы. С 2021 года заседания проходят совместно с Советом по общественным и историко-филологическим наукам РАН, с 2020 по 2022 год, состоялось 7 заседаний.

На заседании, проходившем 3 марта 2020 года, заслушивался доклад учёных Санкт-Петербургского государственного университета д.и.н. Ю.В. Кривошеева и д.и.н. Р.А. Соколова «Александр Невский: исследования и исследователи». Открытое совместное заседание учёного совета СПбФ Архива РАН и Объединённого научного совета по общественным и гуманитарным наукам «Юбилей Победы», посвящённое 75-летию со Дня Победы в Великой Отечественной войне (1941–1945 гг.), состоялось в СПбНЦ РАН 23 октября 2020 года. Информация о нем была опубликована в газете «Поиск» № 45-46.

Тема «Востоковедение в России» обсуждалась на заседании 1 февраля 2021 года, с докладом выступила директор Института восточных рукописей РАН член-корреспондент РАН И.Ф. Попова. Заседание, состоявшееся в Институте восточных рукописей 24 мая 2021 года, было приурочено к 90-летию юбилею историка, востоковеда, китаиста, специалиста в области российско-китайских отношений, истории внешней политики, исторической биографии академика РАН В.С. Мясникова, который выступил перед участниками с докладом «Петр Емельянович Скачков (13.02.1892–08.11.1964). Китаевед. Учитель».

На заседании 7 февраля 2022 года заслушивались результаты археологических экспедиций Института истории материальной культуры РАН в 2020–2021 гг. И.О. директора ИИМК РАН д.и.н. А.В. Поляков ознакомил присутствующих с основными научными достижениями института, исследовательскими подразделениями, экспедиционной и издательской деятельностью, показателями публикационной активности. Выступление д.и.н. Н.В. Хвоцинской было касалось исследованиям Рюрикова городища, известного археологического памятника, первое упоминание о котором в летописях относится к 1103 году. Д.и.н. В.А. Лапшин осветил результаты изучения древнейшего поселения на территории Руси – Старой Ладого, которое продолжается уже более 150 лет. Темой заседания, состоявшегося 25 апреля 2022 года и посвящённого 90-летию Санкт-Петербургского филиала ИИЕТ РАН, была «История науки и техники в Санкт-Петербурге: ретроспектива и перспектива». С докладом выступила директор филиала к.соц.н. Н.А. Ащеулова. 9 июня 2022 года в Санкт-Петербургском научном центре РАН состоялось расширенное заседание, посвященное 350-летию со дня рождения Петра I. Во вступительном слове председатель совета академик Н.Н. Казанский отметил величие этого государственного реформатора и его заслуги в развитии науки и культуры в

России. С большим интересом участники заседания прослушали доклад «Автографы Петра I: современные технологии и историко-филологический анализ», с которым выступил директор Санкт-Петербургского института истории РАН, член-корреспондент РАН А.В. Сиренов.

На заседаниях кроме докладов заслушиваются рецензии научных изданий, даются рекомендации для их публикации, проводятся презентации книг. В 2020 году прошла презентация книги «Материалы к истории Института лингвистических исследований РАН», изданной к 100-летию института, на которой выступили к.и.н. Л.Б. Вольфцун, к.и.н. Л.Д. Бондарь и д.ф.н. М.Н. Приёмшева. 1 июля 2021 года в заочном формате состоялась встреча в рамках программы «Дискуссии в доме Н.П. Лихачёва» с автором книги «Михаил Тухачевский. Портрет на фоне эпохи» д.и.н. Ю.З. Кантор. В дискуссии приняли участие историки, архивисты и музейные работники из Москвы, Санкт-Петербурга, Омска, Пензы и других регионов, связанных с биографией маршала. В ноябре 2022 года прошла презентация книги «Gerasim Lebedev (1749–1817) and the Dawn of Indian National Renaissance» («Герасим Лебедев и заря Индийского национального Возрождения») при участии Генерального консульства Индии в Санкт-Петербурге.

Публикация подготовлена в рамках выполнения Государственного задания Минобрнауки России № 075-01351-23ПР на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов от 27 декабря 2022 года Санкт-Петербургскому научному центру РАН, тема FWGF-2019-0001.

**Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук:  
Первая Санкт-Петербургская научная школа-семинар молодых учёных  
«Механика, химия и новые материалы» (МХНМ)**

***Т.Ф. Пименова***

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5

### **Введение**

Создание и использование новых материалов, процессов и технологий, образцов новой техники, определяющих уровень научно-технологического развития страны, является весьма актуальной комплексной задачей, решаемой как в мировых научных и научно-технологических центрах, так и в целом ряде отечественных, в том числе и Санкт-Петербурга. Здесь на базе основных научных дисциплин – математики, физики, химии, информатики, машиноведения и науки о материалах – развиты междисциплинарные исследования и разработки, обеспечивающие получение новых фундаментальных знаний в области конструкционной прочности, прикладной механики и наноструктурированных конструкционных и функциональных материалов [1]. Междисциплинарный подход способствует успешной реализации весьма сложных научно-технических задач по обеспечению надежности ответственных конструкций, в том числе в экстремальных условиях [2]. Этот подход позволяет решать актуальные проблемы страны и региона, в том числе в области безопасности атомной энергетики, надежности ответственных конструкций, оснащения предприятий города новейшей технологией, создания наукоемких производств.

### **Научная составляющая школы-семинара**

В рамках этих трендов одним из знаковых событий прошедшего 2022 года является организованная и проведённая в октябре 2022 года в Санкт-Петербургском научном центре РАН совместно с Санкт-Петербургским государственным университетом на платформе Объединённого научного совета по проблемам материаловедения, механики, прочности при СПб НЦ РАН – I Санкт-Петербургская научная школа-семинар «Механика, химия и новые материалы» (МХНМ–22), впервые в таком формате. Инициатором проведения научной школы-семинара стал

Объединённый научный совет по проблемам материаловедения, механики, прочности [3] при СПб НЦ РАН и входящий в его состав специализированный Научный совет по горению и взрыву [4].

Тематика школы-семинара направлена на обсуждение новых результатов теоретических, численных и экспериментальных исследований в мультидисциплинарной области, охватывающей актуальные направления механики, химии, материаловедения, пограничных областей, а также их практические приложения в образцах новой техники и технологии. Основной целью школы-семинара является создание условий для обмена информацией и мнениями между специалистами из разных областей знания, обсуждения новых идей, актуальных проблем.

В работе школы-семинара приняли участие более 80 исследователей из 20 научных организаций, среди которых – 14 вузов, 4 – института РАН и один Государственный научный центр. Среди участников школы: члены РАН, 26 докторов наук и 20 кандидатов наук, порядка 40 участников – это студенты, аспиранты и магистранты различных научных организаций и вузов города. Среди присутствующих: 10 докторов физико-математических наук, 11 докторов технических наук, 3 доктора химических наук и 2 доктора биологических наук, 14 кандидатов физико-математических наук, 3 кандидата химических наук и 3 кандидата технических наук. Школа стала научным мероприятием, объединившим на своей площадке ведущих учёных в области механики, математики, физики, химии и смежных наук.

Председатель программного комитета школы – д.ф.-м.н., член – корр. РАН Ю.В. Петров, профессор кафедры теории упругости СПбГУ, директор НИЦ «Динамика» ИПМаш РАН – СПбГУ. Сопредседатель программного комитета – профессор Д. Баоцян Ли, Харбинский политехнический университет – СПбГУ (научный руководитель лаборатории «Динамика и экстремальные характеристики перспективных наноструктурированных материалов»), Математико-механический факультет.

Научная программа школы включала в себя пленарные лекции ведущих учёных (30) минут и устные доклады молодых учёных (15) минут. Всего было прочитано восемь пленарных лекций ведущими учёными и сделано шестнадцать устных сообщений их учениками о результатах исследований в областях знания, охватываемых тематикой школы-конференции.

В качестве приглашённых лекторов выступили ведущие учёные. Среди них:

Валиев Руслан Зуфарович, доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ и РБ, член Европейской академии наук, чл.-корр. АН РБ, основатель (1995 г.) и научный руководитель Института физики перспективных материалов Уфимского государственного авиационного технического

университета (ИФПМ УГАТУ), с 2006 года – заведующий кафедрой нанотехнологий УГАТУ, а с 2017 года – кафедрой материаловедения и физики металлов. Р.З. Валиев один из основателей и председатель Международного научного комитета по ИПД-наноматериалам, а также член нескольких международных профессиональных комитетов, таких как Международный комитет по сверхпластичности перспективных материалов (Орландо, США), Академический комитет новых материалов (Москва), Международный комитет наноструктурных металлов (Сендай, Япония), Общество материаловедов (США). Р.З. Валиевым представлено свыше 150 ключевых лекций и приглашённых докладов на ведущих международных конференциях. Он является инициатором и председателем международного симпозиума «Объёмные наноструктурные материалы: от науки к инновациям», проводимого в Уфе раз в два года, начиная с 2007 г. В работе данного форума принимают участие учёные и специалисты более чем из 20 стран мира.

Основные научные интересы Р.З. Валиева лежат в области изучения процессов получения наноматериалов методами интенсивной пластической деформации (ИПД), исследования их микроструктуры и уникальных свойств для инновационных применений в машиностроении, энергетике и медицине. Эти работы, выполненные в рамках как российских, так и международных программ, получили широкую известность и признание как в стране, так и за рубежом. Среди многочисленных отечественных и международных наград Р.З. Валиева отметим следующие: получены премия А. Гумбольдта, Германия (2001 г.) за пионерские исследования в области объёмных наноматериалов; руководитель ведущей научной школы РФ – гранты поддержки Президента РФ 2006 и 2008 гг.; награждён сертификатом как наиболее цитируемый автор за 2005-2008 гг. в издательстве Elsevier за статью [5]; лауреат приза журнала Materials Science & Engineering A (2010 г.) за выдающиеся работы в области объёмных наноструктурных материалов, диплом РФФИ и Elsevier «Scopus Award Russia 2011» (в номинации «Самый высокорейтинговый российский автор на международном уровне»); медаль имени Б. Паскаля в области материаловедения за 2011 г. (Европейская Академия Наук), TMS Fellow Award 2014, SOMIYA Award 2015; лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники 2015 года за цикл работ «Разработка, исследование и применение новых нанокристаллических материалов», авторы Валиев Р.З., Лэнгдон Теренс (Langdon Terence) и др.; включён в «Стэнфордский» список 2 % самых цитируемых учёных мира в различных дисциплинах и др. Р.З. Валиев автор более 800 статей, 13 монографий и книг, более 35 авторских свидетельств и патентов на изобретения, научного открытия в СССР (№339, 1987 г.). Суммарное цитирование его работ превышает 46 000, индекс Хирша (h-index): 97 (данные согласно ISI WoS).

Еникеев Нариман Айратович, д.ф.-м.н., руководитель сектора «Моделирование объёмных наноматериалов» ИФПМ УГАТУ, СПбГУ, Математико-

механический факультет, координатор от ИФПМ в совместных международных проектах CRDF (с участием ВНИИЭФ и LANL) и ФЦП в рамках сотрудничества с ЕС (FP7–Russia). Участник большого числа российских и международных научных конференций (более 40). В научной деятельности сотрудничает со специалистами многих российских научных центров, в частности, СПбГУ, МИСиС, ВНИИЭФ (Саров), НИИАР (Димитровград) и др., и зарубежных научных организаций, в частности, Университета Руана (Франция), Пхоханского университета науки и технологии (Южная Корея), Технологического института Карлсруэ (Германия), Института материаловедения Университета Мюнстера (Германия), Группы физики наноматериалов Венского университета (Австрия) и др. Область научных интересов Н.А. Еникеева: физика прочности и пластичности, интенсивная пластическая деформация, наноструктурные и ультрамелкозернистые материалы, теория дислокаций, рентгеноструктурный анализ, кристаллографическая текстура, многоуровневое моделирование, механизмы деформации, упрочнение, сегрегации, границы зёрен, радиационная стойкость. Данные публикационной активности: более 70, из них: 3 монографии, 3 патента, 1 свидетельство о регистрации программы. Индекс Хирша: 18 (WoS), 20 (Scopus), 19 (РИНЦ); суммарное число цитирований: >1 300 (WoS), > 1 500 (Scopus).

Кукушкин Сергей Арсеньевич, д.ф.-м.н., профессор факультета лазерной фотоники и оптоэлектроники ИТМО, профессор Санкт-Петербургского национального исследовательского Академического университета им. Ж.И. Алфёрова РАН, заведующий лабораторией ИПМаш РАН.

Область научных интересов: термодинамика и кинетика фазовых переходов первого рода, теория зарождения и роста новой фазы на поверхности твёрдых тел, нано и-микромеханика начальных стадий разрушения твёрдых тел, теория фазовых переходов и теория переключения в сегнетоэлектриках-сегнетоэластиках, рост нитевидных нано-кристаллов (вискеров), рост и зарождение квантовых точек, физика и механика поверхности, фазовые переходы первого рода в деформируемых телах, исследование образования и роста наноструктур и тонких плёнок, механохимия, рост и образование эпитаксиальных плёнок широкозонных полупроводников, плёнки карбида кремния, плёнки нитридов алюминия, галлия, индия и их твёрдых растворов, плёнки сегнетоэлектриков. Среди наград С.А. Кукушкина отметим следующие: премия Президиума РАН им. П.А. Ребиндера за 2010 год; премия Правительства Санкт-Петербурга и СПбНЦ РАН имени А.Ф. Иоффе (2014 г.) за цикл фундаментальных работ и создание технологии по выращиванию бездефектных пленок карбида кремния, открывающих уникальные возможности для использования нанопленок в микро-, нано- и оптоэлектронике; стипендия Минпромторга РФ за значительный вклад в создание новой прорывной технологии и разработку современных образцов ВВСТ (2017 г.). С.А. Кукушкин автор более 497 научных

работ, из них 300 статей в отечественных и зарубежных журналах, 1 монография, 12 крупных обзоров в отечественных и зарубежных журналах и 19 патентов. Результаты работ С.А. Кукушкина названы Президентом РАН академиком А.С. Сергеевым в числе 10 самых значительных достижений РАН за 2022 год.

Семёнов Константин Николаевич, доктор химических наук, заведующий межкафедральной лабораторией биомедицинского материаловедения, заведующий кафедрой общей и биоорганической химии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. И.П. Павлова, доцент кафедры химии твердого тела Института химии Санкт-Петербургского государственного университета. Область научных интересов: углеродные наноструктуры, медицинская химия, адресная доставка лекарственных препаратов. К.Н. Семёнов является крупным специалистом в области создания, исследования и применения материалов биомедицинского назначения. Им созданы новые экспериментальные и теоретические подходы к синтезу и исследованию материалов биомедицинского назначения, представляющие значительный интерес для специалистов, работающих в области нанохимии и наноматериаловедения. Эти подходы позволяют получать практически значимые продукты с высокой биосовместимостью и приводят к значительному снижению себестоимости материалов биомедицинского назначения. Награды: грант Президента РФ «Водорастворимые производные лёгких фуллеренов как основа для создания новой формы препаратов комплексного действия в растениеводстве: стимулирующего, адаптогенного, протекторного»; грант РФФИ «Конъюгаты лёгких фуллеренов с антимикробными пептидами: синтез, изучение свойств и возможности применения в сельском хозяйстве», грант РФФИ «Производные лёгких фуллеренов с незаменимыми аминокислотами и нанокompозиты на их основе: от электронного строения до биологической активности»; премия имени Леонарда Эйлера в области естественных и технических наук (для молодых учёных в возрасте до 35 лет) в 2019 г. присуждена за исследования в области синтеза, выделения, изучения и практического применения углеродных наноструктур. К.Н. Семёнов автор более 130 статей в ведущих научных российских и международных журналах, из них более 50 – в журналах первого квартала (*Progress in Solid State Chemistry*, *Journal of Molecular Liquids*, *Journal of Chemical Thermodynamics*, *Carbon*, *Industrial and Engineering Chemical Research*, *Journal of Chemical Engineering Data*, *Успехи химии* и т.д.), 8 обзорных статей, одной монографии, двух глав в монографиях, 10 патентов. Индекс Хирша: 20 (Scopus), общее число цитирований – 1 461.

Скорб Екатерина Владимировна профессор, руководитель исследовательской группы, директор и ведущий профессор Научно-образовательного центра «Инфохимия» в составе Лаборатории SCAMT Университета ИТМО. Область научных интересов: инфохимия самоорганизующихся систем, химический

компьютинг, электрохимические сенсоры, персонализированная экспресс-диагностика, мягкая робототехника. Интересы лежат в области научных, технических и нормативно-технических основ, необходимых для обеспечения современных требований к единству и точности измерений, обеспечиваемых следующей группой видов измерений (приборов и методов): измерения электрических величин; измерения аналитических и структурно-аналитических величин (состава и концентрации веществ). Разработка электрохимической автоматизированной платформы и устройств электрохимического экспресс-анализа. Е.В. Скорб лауреат программы L'Oreal-UNESCO для «Женщин в науке» за 2018 год. Екатерина Владимировна получила грант Президентской программы исследовательских проектов РФ «Светоуправляемое изменение морфологии наноразмерных гетероструктур и физико-химических процессов, протекающих на границе раздела фаз» (2017–2019 гг.) и др. Данные публикационной активности: более 80 публикаций в международных журналах первого квартиля (Q1), 6 коммерциализированных патентов, 6 глав книг. Член редколлегии и постоянный рецензент ведущих журналов в области изучения химии на межфазных поверхностях, h-Index: 25 (Scopus).

Чернышов Михаил Викторович, д.т.н., к.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры «Плазмогазодинамика и теплотехника» (А9), начальник Отделения фундаментальных и поисковых исследований БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Пленарные лекции, прочитанные ведущими учёными, позволили познакомиться с актуальными направлениями развития исследований и разработок в рассматриваемой мультидисциплинарной области и конкретными задачами, решаемыми на этом пути в разных областях науки и на их границах со смежными областями, услышать из первых уст о конкретных достижениях и успехах, а также ознакомиться с основными проблемами, стоящими на повестке дня.

Так, профессор Р.З. Валиев в своей лекции «Наноструктурные металлические материалы для инновационных применений в технике и медицине» коснулся следующих вопросов. Многочисленные исследования последних лет свидетельствуют, что наноструктурирование металлов и сплавов методами интенсивной пластической деформации (ИПД) открывает возможность значительного повышения их механических и функциональных свойств. Использование методов ИПД позволяет создавать металлические материалы с ультрамелкозернистой (УМЗ) структурой, имеющей средний размер зёрен на наноуровне и содержащие нанодисперсные особенности в виде наночастиц вторых фаз, нанодвойников и необычных сегрегаций легирующих элементов на границах зёрен. Результатами такой УМЗ структуры является изменение механизмов деформации и упрочнения в материалах, что позволяет реализовывать в них необычные механические свойства – сверхпрочность, сверхпластичность, очень высокие усталостную прочность и износостойкость. В лекции рассмотрены примеры демонстрации таких

перспективных свойств на ряде промышленных материалов – лёгких сплавов на основе Al, Mg и Ti и нескольких сталях. Особый интерес представляет использование ИПД обработки для создания наноматериалов с так называемыми многофункциональными свойствами, сочетающими высокие механические и функциональные свойства (коррозия, эрозионная и радиационная стойкость, электропроводность и т.д.). Представлены основные подходы к моделированию и достижению стабильности наноструктур в экстремальных условиях. Обсуждены применения наноматериалов в инновационных разработках, направленных на их широкое использование в энергетике, медицине и технике.

Профессор Н.А. Еникеев в лекции «Улучшенное механическое поведение наноструктурных аустенитных сталей» отметил следующие моменты. Современное общество остро нуждается в новых материалах с превосходными характеристиками для передовых приложений. Стали являются одними из важнейших материалов для различных отраслей промышленности, и существует глобальная потребность в дальнейшем улучшении их многофункциональных свойств. Например, аустенитные нержавеющие стали известны своей выдающейся коррозионной стойкостью, хорошей формруемостью, высокой долговечностью и т.д. Однако предел текучести этих сталей относительно низок, что ограничивает их использование во многих потенциальных областях применения. Наноструктурирование посредством чрезвычайно больших деформаций под высоким давлением для существенного измельчения микроструктуры металлических материалов с целью получения ультрамелкозернистых состояний привлекает большое внимание исследователей, так как позволяет существенно улучшить механические и функциональные свойства уже существующих материалов. Лектор привел анализ выполненных с соавторами работ, посвящённых исследованию микроструктуры и механического поведения наноструктурных аустенитных сталей, таких как коррозионностойкие стали и стали с эффектом пластичности, наведённой двойникованием (TWIP-стали). Наряду с эффектами измельчения зёрновой структуры обсуждается недавно обнаруженное явление перераспределения легирующих элементов, обусловленное интенсивной деформацией. Исследуется влияние структурных особенностей на механические характеристики сталей и их устойчивость к внешним воздействиям, а также эффект упрочнения отжигом и увеличение пластичности в высокопрочном состоянии наноструктурной стали за счёт механизма пластичности, учитывающего взаимодействие зернограницных сегрегаций и дислокаций.

Профессор С.А. Кукушкин в лекции «Наномасштабный монокристаллический карбид кремния – новый материал для микроэлектроники и спинтроники» рассказал об открытии нового метода синтеза эпитаксиальных плёнок нано-карбида кремния на кремнии, разработке технологии его получения и создании производства. Существующие способы получения плёнок SiC на Si приводят к образованию трещин

и дислокаций, а также к искривлению подложки ввиду высоких механических напряжений. Разработанный метод основан на замещении части атомов в кремнии на атомы углерода без разрушения кремниевой основы. Впервые в мировой практике реализован метод последовательной замены атомов одного сорта другими прямо внутри исходного кристалла без разрушения его кристаллической структуры. Метод напоминает «генетический синтез» белковых структур в биологии. Качество структуры слоёв, полученных данным методом, значительно превосходит качество плёнок карбида кремния, выращенных на кремниевых подложках ведущими мировыми компаниями. Метод недорог и технологичен. Открытие данного метода позволяет прямо на кремниевой подложке синтезировать широкий спектр широкозонных материалов, что открывает беспрецедентные условия для создания нового типа приборов. Метод и технология созданы в результате многолетних теоретических и экспериментальных исследований. Теоретически предсказано и экспериментально подтверждено образование новой фазы Si, находящейся в состоянии «полуметалла» на границе раздела SiC(111)/Si(111). Образование Si в состоянии «полуметалла» на границе раздела SiC/Si (111) связано с большими, кратковременно возникающими (время импульса порядка  $10^{-5}$ - $10^{-4}$  сек.) «импульсами сдавливания» при переходе Si в SiC. Показано, что давления сжатия, возникающие в тонком приграничном слое толщиной порядка нескольких нанометров, могут достигать величин порядка 200-250 GPa. Давления подобной величины приводят к образованию особых, ранее неизвестных, свойств границы раздела SiC(111)/Si(111). На примере образования SiC вскрыт механизм протекания широкого класса гетерогенных химических реакций между газовой фазой и твёрдым телом. Присутствие углеродно-вакансионных структур в SiC приводит к образованию в нём целого ряда новых уникальных оптических, электрических и магнитных свойств.

Инновационный потенциал данной технологии зиждется на новой прорывной технологии выращивания буферного слоя SiC/Si, на основе которого и будут формироваться слои других широкозонных полупроводников на Si. Начато производство небольших партий пластин SiC/Si диаметром 2, 3, 4 и 6 дюймов; разработана технология создания светодиодных чипов для миро-LED и созданы первые, промышленного качества образцы микро-светодиодов на пластинах SiC/Si; изготовлены первые в мире опытные образцы микрочипов для микро-светодиодов (Micro-LED) толщиной порядка 5-20 мкм; разработаны и созданы терагерцовые приёмники и излучали на подложках SiC/Si; разрабатывается технология создания датчиков ультрафиолетового диапазона с длиной волны менее 320 нм [6-9].

Профессор Е.В. Скорб в своей лекции «Интеллектуальные технологии в инфохимии» подчеркнула, что НОЦ «Инфохимия» появился в Университете ИТМО благодаря развитию междисциплинарных областей науки, что позволило рассмотреть одно из основных направлений деятельности университета –

информационные технологии – на молекулярном уровне и в химических системах. Инфохимия – одна из самых перспективных сфер исследований. В этом направлении работают не только химики, но и биотехнологи, информатики, биологи, физики, математики и др., развитие данного направления немыслимо без междисциплинарного научного подхода. НОЦ включает в себя несколько научных групп под руководством ведущих учёных. Научный консультант НОЦ – лауреат Нобелевской премии по химии Жан Мари Лен. Основные направления научной деятельности НОЦ «Инфохимия»: создание искусственной химической клетки, химический компьютеринг, статистическая обработка больших массивов данных и мультисенсорные системы, новые материалы для регенеративной медицины, наноструктурирование металлов, квантово-химические расчёты сложных систем, персонализированный трекинг, новое интегративное направление наук о жизни – биоэлементология, а также её раздел – медицинская элементология; цифровая трансформация в химико-биологической технологии; альтернативные подходы к хранению информации.

На нескольких примерах лектором показано применение интеллектуальных технологий в инфохимии. Так, один из примеров – это процесс кавитации в сложных смесях. Продемонстрирован математический метод разделения движений для интерпретации акустического воздействия на пузыри. Хотя невозможно получить детерминированное описание того, как концентрация раствора влияет на динамику пузырьков, всё же возможно разделить изображения с различными концентрациями, применяя алгоритм искусственной нейронной сети. Алгоритм был обучен обнаруживать концентрацию спирта в водном растворе на основе изображений пузырьков. Это указывает на то, что методы искусственного интеллекта (ИИ) могут дополнять детерминированный анализ в неравновесных сложных системах [10]. Ещё один пример, предложенные подходы к разработке методов анализа поверхностей и микрочастиц с использованием математических методов. Так, шероховатые поверхности имеют сложную топографию, которую нельзя охарактеризовать одним параметром. Выбор соответствующих параметров шероховатости зависит от конкретного применения. Большие наборы данных, представляющие топографию поверхности, обладают упорядоченностью, которая может быть выражена в терминах топологические особенности в высокомерных пространствах данных, отражающие такие свойства, как анизотропия и количество направлений прокладки. Элементы зависят от масштаба, так как и длина выборки, и разрешение влияют на них. Показано, как охарактеризовать наноразмерные поверхности с помощью атомно-силовых изображений и их анализа. Рассчитываем параметры шероховатости, автокорреляционную функцию, распределение точек экстремума и барр-коды для поверхностей. Эти интересующие нас параметры обсуждаются и сравниваются в одной из недавних работ [11].

Профессор М.В. Чернышов в своей лекции «Оптимальные ударно-волновые системы и структуры – от создания теории к прикладным приложениям» подчеркнул, что в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова активно развивается научное направление, посвящённое анализу взаимодействия разнообразных газодинамических разрывов (ударных волн, скачков уплотнения, волн разрежения и сжатия, тангенциальных разрывов и контактных поверхностей), оптимизации и практическим приложениям, возникающих при этом ударно-волновых систем и разветвлённых структур. В лекции рассматриваются различные приложения разработанной теории: уменьшение потерь полного давления в сверхзвуковых воздухозаборниках, оптимизация формы обтекаемых поверхностей и аэродинамических характеристик тел в сверхзвуковом потоке, особые и экстремальные параметры тройных конфигураций скачков уплотнения, приближённо-аналитические модели струйных и канальных течений с маховским отражением, в том числе с энергоподводом на главном (маховском) скачке, и их применение при создании перспективных воздушно-реактивных двигателей. Особое внимание уделено разработке средств защиты от поражающего действия взрывной ударной волны. Предлагаются виды воздействия на взрывную волну и ударно-волновые структуры, возникающие при её распространении и отражении, как геометрическим методом (создание выделенного направления распространения), так с использованием многофазной среды, поглощающей энергию взрыва.

Профессор К.Н. Семёнов в своей лекции «Создание биомедицинских материалов на основе углеродных наноструктур» охарактеризовал потенциал науки Санкт-Петербурга в этой приоритетной области. Данное направление исследований активно развивается в Первом Санкт-Петербургском государственном медицинском университете им. акад. И.П. Павлова Минздрава России. В межфакультетской лаборатории биомедицинского материаловедения проводятся исследования по синтезу, функционализации углеродных наноструктур (фуллерены, графены, нанотрубки, наноалмазы) и созданию конъюгатов (композитных конструкций) с различными биологически активными веществами и векторами для адресной доставки. Совместно с Астонским университетом и Институтом Химии СПбГУ проводятся расчёты динамических и структурных характеристик синтезированных конъюгатов методом молекулярной динамики. В лаборатории также синтезируются и изучаются композиционные материалы на основе диоксида кремния и углеродных наноструктур. Данные композиты представляют интерес для создания гемосорбентов, конъюгатов для адресной доставки лекарственных препаратов, фотосенсибилизаторов и антиоксидантов. Создаются наночастицы конструкций с противоопухолевой активностью на основе оксида графена и полиазотистых гетероциклов; изучаются фотопротекторные свойства аддукта фуллерена  $C_{60}$  с L-метионином; ведётся синтез материалов биомедицинского назначения на основе живых клеток и др.

[12]. Указанные исследования позволяют описывать процессы адресной доставки потенциальных лекарственных препаратов в клетку, определять оптимальные центры связывания препарата и носителя, устанавливать механизмы взаимодействия материалов с биожидкостями и изучать процессы переноса или распределение заряда в биологических системах [13].

Проводится широкое доклиническое изучение *in vitro* синтезированных наноматериалов, изучение гемосовместимости, биосовместимости, антиоксидантной активности, цито- и генотоксичности, потенциала использования в фотодинамической терапии и в качестве носителей лекарственных средств. Ведется деятельность по внедрению материалов на основе углеродных наноструктур в различные аспекты биомедицины, а именно: инновационных материалов на основе оксида графена, наноалмазов и одностенных углеродных нанотрубок для адресной доставки лекарств, биовизуализации, тераностики, биоанализа совместно с РНЦ Радиологии и хирургических технологий им. акад. А.М. Гранова, НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова, кафедрой химии твёрдого тела Института Химии СПбГУ; ультрафиолетовых и радиопротекторов на основе водорастворимых аддуктов фуллеренов совместно с СПбГУ; биоматериалов для снижения очага поражения при ишемии мозга и сердца на основе производных фуллеренов, а также в качестве противоопухолевых препаратов совместно с лабораторией патофизиологии ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова, НМИЦ им. В.А. Алмазова.

## **Заключение**

Краткий анализ работы школы позволяет констатировать, что школа-семинар стала информационной площадкой, объединившей исследователей приграничных областей знания в мультидисциплинарной области исследований, охватывающих механику, химию и новые материалы, способствовала созданию творческих научных коллективов единомышленников, нацеленных на проведение совместных исследований. Школа для молодых учёных – хорошая возможность познакомиться с актуальными направлениями развития и конкретными задачами в разных областях науки; задать животрепещущие вопросы о развитии новых материалов, о их роли в развитии технологического потенциала страны и многие другие, понять, в каком направлении двигаться самому, чтобы идти в ногу со временем. И, конечно, познакомиться с коллегами из других областей науки и рассмотреть возможности совместных проектов.

Публикация подготовлена в рамках выполнения Государственного задания Минобрнауки России № 075-01351-23ПР на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов от 27 декабря 2022 года Санкт-Петербургскому научному центру РАН, тема FWGF-2019-0001.

## Литература

1. Горынин И.В. Размышления с оптимизмом. – СПб: Изд-во: СПбПУ, 2015, 98 с.
2. Горынин И.В., Карзов Г.П., Пименова Т.Ф. и др. «Развитие фундаментальных исследований в области материаловедения, механики, прочности» // Перспективные направления развития науки в Петербурге под ред. Ж.И. Алферова – СПб: Изд-во: ИП Пермяков С.А., 2015. – С. 109—162.
3. Пименова Т.Ф. и др. 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. 2017, Вып.1, с. 218 - 227.
4. Улыбин В.Б., Пименова Т.Ф., Гайдей Т.П. Успехи петербургской школы горения и взрыва как области научно-технологического прогресса. Вклад Санкт-Петербургского Научного совета по горению и взрыву: 1999 – 2019 гг. // Физико-химические аспекты предельных состояний и структурных превращений в сплошных средах, материалах и технических системах. 2017, Вып.3, с. 7 - 22.
5. Valiev Z.R. Principles of equal channel angular pressing as a processing tool for grain refinement» // Prog. Mater. Sci., 51, 7 (2006), pp. 881-981.
6. Kukushkin S.A., Osipov A.V. – Materials. 2021. 14. 5579.
7. Баграев Н.Т., Кукушкин С.А., Осипов А.В., Романов В.В., Клячкин Л.Е., Маляренко А.М., Хромов В.С. – ФТП, 2021, 55, 103.
8. Баграев Н.Т., Кукушкин С.А., Осипов А.В., Клячкин Л.Е., Маляренко А.М., Хромов В.С. – ФТП, 2021, 55, с. 1027.
9. Баграев Н.Т., Кукушкин С.А., Осипов А.В., Уголков В.Л. – ФТП, 2022, 56, с. 715.
10. Korolyev et. al. J. Phys. Chem. B 126 (2022), p. 3161.
11. ACS Appl. Mater. Interfaces – DOI:10.1021/acsami.1c20694.
12. Sharoyko V.V., Shemchuk O.S., Maystrenko D.N., Semenov K.N. Biocompatibility, antioxidant activity and collagen photoprotection properties of C<sub>60</sub> fullerene adduct with L – methionine // Nanomedicine: nanotechnology, Biology and Medicine. 2022. V. 40. P. 102500.
13. Abdelhalim F.O.E., Semenov K.N. Functionalisation of graphene as a tool for developing nanomaterials with predefined properties // Journal of Molecular Liquids. 2022. V. 348. P. 118368.

**Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук:  
научно-организационная деятельность в области биологии, физиологии и  
медицины**

*Л.А. Джанаридзе*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук  
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5

Научно-организационная деятельность является неотъемлемой частью работы Научно-исследовательского отдела (НИО) Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук (СПбНЦ РАН).

В течение многих лет в СПбНЦ РАН, в рамках работы Президиума СПбНЦ РАН, объединённых научных советов осуществлялась аналитическая, консультативная и экспертная поддержка междисциплинарных исследований. В частности, и члены Объединённого научного совета «Биология и медицина» знакомились с состоянием работ в научных учреждениях и организациях, принимали участие в разработке программ и проектов по профилю совета; проводили конкурсы проектов, направленных на решение важнейших приоритетных задач в области биологии и медицины, медицинского приборостроения и химико-фармацевтической промышленности, определяли целесообразность дальнейшей их разработки и дополнительного финансирования; издавались научные, информационные, справочные и другие труды и материалы; проводились Всероссийские, Международные и региональные конференции, симпозиумы, круглые столы и дискуссии.

Цели и задача конференций, проводимых в области биологии и медицины на базе СПбНЦ РАН – оценка потенциала дальнейшего развития академической и вузовской науки в Санкт-Петербурге; вовлечение молодых учёных и аспирантов в фундаментальные и прикладные исследования, нацеленные на инновационное развитие экономики региона; оценка достижений и разработок в области инновационных технологий, прикладных научных исследований в сфере биологии, медицины, сельскохозяйственной микробиологии, симбиогенетики, молекулярно-генетических и клеточных аспектов растительно-микробных взаимодействий с учётом основ устойчивого технологического развития региона, направленных на внедрение новейших технологий в создание новых микробиологических и лекарственных препаратов для медицины, растениеводства, животноводства.

Так, одно из приоритетных направлений – исследование геномного разнообразия человека в норме и патологии является масштабной задачей, имеющей, без преувеличения, огромное фундаментальное и прикладное значение. Решение этой задачи окажет определяющее влияние на медицину будущего. Персонализированный, предиктивный и превентивный подход к диагностике и лечению наследственных заболеваний возможен только в результате анализа геномных, транскриптомных, протеомных данных. В этой связи, создание коллекций биологических образцов пациентов с наследственными заболеваниями является исключительно важным мероприятием для изучения этиологии и патогенеза наследственных заболеваний, разработки диагностических тест-систем и инновационных лекарственных препаратов. Эти задачи рассматривались на проводимых нами мероприятиях.

Ниже перечислены наиболее значимые мероприятия, проведенные в СПбНЦ РАН по направлению биологии и медицины в 2021-2022 годах.

### **1. 06-08 октября 2021 года**

V Всероссийская школа-конференция с международным участием для молодых учёных *«Молекулярно-генетические и клеточные аспекты растительно-микробных взаимодействий»*.

Место проведения: СПбНЦ РАН. Количество участников: около 100 молодых учёных.

Факт того, что конференция проводилась в пятый раз, говорит об актуальности изучения растительно-микробных взаимодействий и неослабевающем интересе к ним со стороны молодых исследователей, которые получили возможность представить свои данные, как в форме стендовых сообщений, так и в виде устных докладов. На школе выступили ведущие и молодые учёные из различных регионов России (Москва, Казань, Саратов, Минск, Уфа, Томск, Симферополь, Омск), в том числе и иностранные – из Стокгольмского университета и Института им. Макса Планка (Германия). Они осветили в своих лекциях самые различные области растительно-микробных взаимодействий: патогенные взаимодействия, различные виды симбиотических взаимодействий (актинориза, бобово-ризобийный симбиоз, ризосферные бактерии, лишайники).

Задачей молодежных научных конференций такого уровня: является: вовлечение молодых учёных и аспирантов в фундаментальные и прикладные научные исследования, нацеленные на инновационное развитие экономики; продвижение передовых технологий и обмен опытом для решения актуальных проблем биологии, медицины, агротехнологии будущего; оценка потенциала и дальнейшего развития фундаментальных научных исследований в Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

## 2. 21-24 июня 2022 года

Первый научный форум «Генетические ресурсы России».

Место проведения: СПбНЦ РАН. Количество участников: около 500 человек.

В рамках Форума состоялись 2 пленарных заседания и 9 параллельных конференций, посвящённых различным типам биоресурсных коллекций, их исследованию, поддержанию и пополнению. Пленарные заседания 21 и 24 июня проходили в Санкт-Петербургском научном центре.



Рис. 1. Пленарное заседание форума «Генетические ресурсы России» в Большом конференц-зале СПбНЦ РАН

Из более 500 участников мероприятий Форума, представляющих около 100 научно-исследовательских учреждений и вузов России, 284 специалиста присутствовали очно. Пленарные заседания транслировались в Интернете и собрали более 1 500 просмотров заседания 21 июня и более 500 просмотров 24 июня. Участники конференции представляли около 50 регионов Российской Федерации, на отдельных конференциях были участники из Армении, Беларуси, Казахстана и Киргизии.

В России зарегистрированы более 250 коллекций генетических ресурсов, структурированных в 10 типов. Для обеспечения сохранения и развития коллекций в соответствии с мировыми стандартами, а также эффективного и рационального их использования в интересах реализации Стратегии научно-технологического и экономического развития России, наблюдается тенденция к интеграции коллекций

одинакового типа по сетевому принципу под эгидой создаваемых крупных биоресурсных центров с единым национальным каталогом.

В рамках Первого научного форума «Генетические ресурсы России» был организован Круглый стол «Нормативно-правовое регулирование и стандарты работы с биоресурсными коллекциями». На заключительном Пленарном заседании Форума 24 июня была принята Резолюция (в 2-х частях), которая была опубликована в журнале «Биотехнология и селекция растений».

Итоги Форума, а также круглого стола по правовым вопросам обсуждались 29 июня на сессии «Генетика и право: вызовы времени 2020-2030» в рамках X Петербургского международного юридического форума. Министр науки и высшего образования РФ Валерий Фальков подчеркнул в своём выступлении на сессии, что биоресурсные центры и биоресурсные коллекции – одна из самых быстроразвивающихся сфер на стыке биотехнологий и информатики, и возрастающее внимание государства к ним вполне закономерно. «Мы видим три основных направления работы, – отметил министр. – Первое – стандартизация деятельности биоресурсных коллекций. Нужно упорядочить, структурировать и регламентировать различные типы коллекций, которые сформировались в России за многие десятилетия. Второе – в части юриспруденции необходимо обеспечить непротиворечивое и полное правовое регулирование этой сферы. Для этого необходимо разработать базовый федеральный закон, посвящённый биоресурсным коллекциям, и органично соотнести его с уже существующими нормами. Наконец, третья задача – создание Национальной базы генетической информации. Она должна как в зеркале отражать в себе всё богатство и многообразие коллекций и биобанков, быть удобной в использовании и отвечать целям национальной безопасности».

### **3. 22-23 июня 2022 года**

В рамках Первого научного Форума «Генетические ресурсы России» состоялась Всероссийская школа-конференция *«Сохранение и преумножение генетических ресурсов микроорганизмов»*.

Организаторы: ВНИИСХМ и СПбНЦ РАН, Санкт-Петербург.

Целью работы школы-конференции было освещение различных аспектов работы с биоресурсными коллекциями микроорганизмов, а также демонстрация значимости их использования в фундаментальных и прикладных исследованиях в области генетики, микробиологии, молекулярной биологии, медицине и биотехнологии.

Научная программа школы-конференции освещала пять основных направлений: Биоресурсные коллекции как основа исследований в современной генетике и биотехнологии микроорганизмов; Высокопроизводительные омиксные и биоинформатические технологии для изучения микроорганизмов; Биоразнообразие

реликтовых и экстремофильных микроорганизмов; хозяйственно-ценные микроорганизмы, используемые в биотехнологии и современном земледелии; Патогенные микроорганизмы: геномика и механизмы взаимодействия с хозяином.

С устными и стендовыми сообщениями выступили около 79 молодых учёных.

#### 4. 03-07 октября 2022 года

III Международная научная конференция PLAMIC2022 «Растения и микроорганизмы: биотехнологии будущего».

Место проведения: СПбНЦ РАН.

В конференции приняло участие 177 человек в очном (153) и заочном (24) формате из 20 регионов России. Кроме того, с пленарными докладами выступили учёные из Китая (Онлайн), Белоруссии (очное и заочное участие) и Таджикистана (Онлайн).

Основная часть участников конференции (около 80%) – молодые учёные, начинающие свой путь в науке.



Рис. 2. Регистрация участников конференции «Растения и микроорганизмы: биотехнологии будущего»

Цели и задача конференции: оценить имеющиеся научные достижения и разработки в области инновационных технологий, прикладных научных исследований в сфере сельскохозяйственной микробиологии, направленных на создание новых микробиологических препаратов для растениеводства,

кормопроизводства и внедрение новейших технологий в Агропромышленный комплекс РФ. С докладами на 4-х секциях: «Биотехнологии микроорганизмов», «Биотехнологии растений», «Симбиозы растений с микроорганизмами», «Молекулярно-генетические и клеточные аспекты растительно-микробных взаимодействий» выступило около 130 учёных, а со стендовыми сообщениями – 53 участника (молодые учёные).

## **5. 21 ноября 2022 года**

Открытие и первое Пленарное заседание «V Вавиловской международной конференции, посвященная 135-летию Н.И. Вавилова» проводилось в очном и он-лайн формате совместно с V Международной научной конференцией «Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы» и Санкт-Петербургским Научным Центром РАН.

Место проведения: СПбНЦ РАН.

Тематические направления конференции:

1. Наследие Н. И. Вавилова для современной науки;
2. Генетическое разнообразие растений как основа обеспечения продовольственной, биоресурсной и экологической безопасности;
3. Роль генетических ресурсов растений в достижениях мировой селекции;
4. Информационные технологии в управлении генетическими растительными ресурсами и их оценке;
5. Генетические и агробиотехнологии;
6. Развитие системы управления биоресурсными коллекциями.

В конференции приняли участие около 149 учёных из более, чем 79 городов, посёлков, опытных станций России.

## **6. 29 ноября 2022 года**

В рамках работы Научного центра Мирового Уровня – НЦМУ «Агротехнологии будущего» в Санкт-Петербургском научном центре РАН в очном и онлайн форматах прошла дискуссионная площадка по направлению «Агробиотехнологии управления плодородием почв России в интересах высокопродуктивного земледелия минимального экологического риска».

Место проведения: СПбНЦ РАН.

Работа проходила по двум секциям:

Секция 1. Микробиологические и молекулярные основы формирования агроценоза

Секция 2. Управление экологически устойчивым сельскохозяйственным производством.

В дискуссии приняли участие 45 учёных из Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербургского государственного университета, ФИЦ Биотехнологии РАН, РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, Санкт-Петербургского научного центра РАН.

## **7. 30 января 2023 года**

Открытие и Пленарное заседание Второго Всероссийского орнитологического конгресса. В работе Конгресса приняло участие около 370 человек из России, Белоруссии и Китая. Главная цель Конгресса состояла в том, чтобы представить и обсудить результаты наиболее актуальных, инновационных исследований российских орнитологов. Тем самым будет дан серьезный импульс развитию орнитологических исследований в Российской Федерации. Конгресс явился одним из мероприятий в рамках Десятилетия науки и технологий в России.

Место проведения: СПбНЦ РАН.

Организаторы: Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова Российской академии наук, Зоологический институт Российской академии наук, Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена, Русское общество сохранения и изучения птиц имени М.А. Мензбира, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургский научный центр РАН.

Публикация подготовлена в рамках выполнения Государственного задания Минобрнауки России № 075-01351-23ПР на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов от 27 декабря 2022 года Санкт-Петербургскому научному центру РАН, тема FWGF-2019-0001.

## ЮБИЛЕИ. ДАТЫ. ВОСПОМИНАНИЯ

### Владислав Вильгельмович Хлебович



#### «Особь как квант жизни»

В.В. Хлебович, 2004, название публикации

Доктору биологических наук, профессору, члену Российской академии естественных наук (РАЕН), лауреату премии им. Е.Н. Павловского (2008) Владиславу Вильгельмовичу Хлебовичу в 2022 году исполнилось 90 лет. Выдающийся отечественный зоолог, эколог, физиолог, гидробиолог и носитель энциклопедических знаний родился 27 февраля 1932 года в Воронеже. В Воронежском заповеднике, где работали родители, прошли его первые годы. В своей автобиографической книге «Кадры из жизни одного зоолога. Воспоминания» он вспоминал, что благодаря заповеднику всегда хотел быть биологом. В 1949 г. Владислав Вильгельмович, окончив с серебряной медалью Браславскую среднюю школу (западная Белоруссия), поступил на биолого-почвенный факультет Ленинградского университета, реализовав свою мечту, где выбрал кафедру зоологии беспозвоночных. В 1954 г. он, окончив с отличием университет, стал аспирантом Зоологического института АН СССР (ЗИН АН СССР). С ЗИН АН СССР (впоследствии ЗИН РАН) связана большая часть его профессиональной биографии и биографий его друзей и соратников – выдающихся отечественных зоологов – его ровесника, зоолога, малаколога, биогеографа и переводчика д.б.н., профессора Ярослава Игоревича Старобогатова (1932-2004) и

орнитолога, Вице-президента Российского орнитологического общества, почётного иностранного члена нескольких зарубежных орнитологических обществ США, Германии, Нидерландов д.б.н., профессора Виктора Рафаэлевича Дольника (1938-2013).

Владислав Вильгельмович автор более 200 востребованных читателем публикаций, включая фундаментальные научные монографии «Критическая солёность биологических процессов», «Аклимация животных организмов» и др. Ставшие классическими, статьи, посвящённые экологии особи и дискретным адаптивным нормам, опубликованны в «Русском орнитологическом журнале» вторым изданием, других разноплановых научных и научно-просветительских трудах. Существенная часть книг, обзоров, статей Владислава Вильгельмовича опубликована впервые в десятилетие, приходящееся на период между двумя юбилеями – 80-летним и нынешним – это почти 20 основополагающих работ в области популяризации научных знаний в области биологии и смежных наук, философские размышления, фундаментальные научные исследования. Не случайно с ним и его деятельностью прочно ассоциируется понятие «активное творческое долголетие».



Его труды сформировали целую эпоху: в понимании физиологической, экологической и эволюционной роли фактора солёности, в изучении закономерностей аутэкологии («Особь как квант жизни» и «Новое окно в эпигенетику»), в познании и оценке значения в эволюции тонких механизмов физиологических и поведенческих реакций водных беспозвоночных, населяющих морские и континентальные воды и, в особенности, наиболее изменчивые и разнообразные водные системы – эстуарии различных природных зон. Границы его интересов, простирающиеся далеко за пределы биологии, установить трудно, столь эти интересы обширны и разнонаправлены, о

чём свидетельствуют такие работы, как «Экология особи», «Картеш и около», «Пока ещё не домашние», «Агрозоология», «Животные и мы» и т.д.

Важным итогом реализации организаторского таланта Владислава Вильгельмовича было возрождение работающей и поныне Беломорской биологической станции Зоологического института, директором которой он был

12 лет, сделав ее лучшей в СССР. Он – участник и организатор целого ряда экспедиций по изучению дальневосточных и арктических прибрежных районов нашей страны, российско-американских экспедиций по изучению арктических эстуариев, много лет работал в составе комплексной радиоэкологической экспедиции по разделу «Экология» комплексной программы по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, был награждён в 1997 г. медалью «За спасение погибавших». Одним из итогов работы Владислава Вильгельмовича как организатора науки стало создание признанной научным сообществом научной школы: исследуя солёностные адаптации и осморегуляцию водных организмов, обосновывая при изучении эстуарных водоёмов представление о физиологически пресноводных животных морского происхождения, развивая теорию эволюции в целом, актуализируя систему классификации и районирования солоноватых вод, он воспитал целую плеяду учеников, включая докторов и кандидатов биологических наук; в настоящее время дальнейшая разработка обоснованных им концепций ведётся учениками и последователями, включая и автора настоящего очерка.

Владислав Вильгельмович продолжает оставаться в творческом поиске и редакция Альманаха, члены Объединённого научного совета «Экология и природные ресурсы» Санкт-Петербургского научного центра РАН присоединяются к его друзьям, последователям и ученикам, желая ему отменного здоровья и новых творческих горизонтов и успехов.

М.И. Орлова,  
д.б.н., И.О. директора, гл.н.с. СПбНЦ РАН,  
в.н.с. ЗИН РАН

**Основополагающие научные труды и воспоминания,  
а также статьи Владислава Вильгельмовича,  
опубликованные в период между двумя юбилеями**

1. *Хлебович В.В.* Критическая соленость биологических процессов – М.: Наука, 1974. – 236 с.
2. *Хлебович В.В.* Акклимация животных организмов. – М.: Наука, 1981. – 136 с.
3. *Хлебович В.В., Комендантов А.Ю.* О физиологически пресноводных беспозвоночных морского происхождения // Журн. общей биол., 1985, т. 46. № 3. С. 331-335.
4. *Хлебович В.В.* Пока еще не домашние. – М.: Агропромиздат, 1987. – 160 с.
5. *Хлебович В. В.* Агрозоология. – М.: Агропромиздат, 1991. – 172 с.

6. *Хлебович В.В.* Многощетинковые черви семейства *Nereidae* морей России и сопредельных вод // Фауна России и сопредельных стран. – СПб: «Наука», 1996, т. 22, 1996. – 223 с.
7. *Хлебович В.В.* Картеш и озеро. – М.: WWF России, 2007. – 72 с.
8. *Хлебович В.В.* Экология особи. Очерки фенотипических адаптаций животных. / Под редакцией А.Ф. Алимova. – СПб: Изд-во ЗИН РАН, 2012. – 143 с.
9. *Хлебович В.В.* Животные и мы — СПб.: Изд-во Книжный дом «Университет» (КДУ), 2015. — 92 с.
10. *Хлебович В.В.* К 75-летию ББС МГУ. // Природа, 2013, № 4 (1172), с. 42-43.
11. *Хлебович В.В.* Критическая солёность – гомеостаз – устойчивое развитие // Труды ЗИН РАН, 2013, Приложение № 3, с. 3-6.
12. *Хлебович В.В.* Опыт анализа графиков экспериментальных и полевых гидробиологических данных // Астраханский вестник экологического образования, 2013, №2(24), с. 71–81.
13. *Хлебович В.В.* Контуры протоэволюции // Природа, 2014, № 8, с. 93-94.
14. *Хлебович В.В.* Этапы и принципы эволюции водно-солевых отношений организмов // Биосфера, 2014, т. 6, № 2, с. 170-175.
15. *Смирнов А.В., Хлебович В.В.* 2015. Гидробиолог В.В. Кузнецов: вся жизнь на передовой // Природа, 2015, № 5, с. 80-84.
16. *Хлебович В.В.* Зарождение жизни и животных // Природа, 2015, № 6 (1198), с. 69-71.
17. *Хлебович В.В.* Критическая солёность как маркер смены калиевой эпохи развития жизни на натриевую // Успехи современной биологии, 2015, т. 135, № 1, с. 18-20.
18. *Хлебович В.В.* Новое окно в эпигенетику // Русский орнитологический журнал, 2015, т. 24, № 1231, с. 4639-4653.
19. *Хлебович В.В.* Особь как квант жизни // Русский орнитологический журнал. 2015, т. 24, № 1188, с. 3265-3273.
20. *Хлебович В.В.* Презумпция морского начала в физиологии и экологии животных // Труды ЗИН РАН, 2015, т. 319, № 4, с. 536-544.
21. *Хлебович В.В.* Прикладные аспекты концепции критической солёности // Успехи современной биологии, 2015, т. 135, № 3, с. 272-278.
22. *Хлебович В.В.* О таксоценах хищник-жертва // Биосфера. 2016, т. 8, № 2, с. 151-154.
23. *Хлебович В.* Кадры из жизни одного зоолога. Воспоминания. – М.: Новый хронограф, 2017. – 336 с.
24. *Хлебович В.В.* Адаптивные реакции организма в меняющейся среде. // Сборник Наука–школе. Сборник научных публикаций. – СПб: СПбНЦ РАН, 2017, с. 33-46.

25. *Хлебович В.В.* Акклимация животных организмов: основы теории и прикладные аспекты // *Успехи современной биологии*, 2017, т. 137, № 1. С. 20-28.

26. *Хлебович В.В.* Воспоминания о Владимире Львовиче Вагине // *Учёные записки Казанского университета. Серия: Естественные науки*, 2017, т. 159, № 3, с. 361-366.

27. *Хлебович В.В.* О стратегических решениях живой природы // *Успехи современной биологии*, 2018, т. 138, № 6, с. 627-630.

28. *Хлебович В.В.* Эстуарные экосистемы и их место в устьевых природных комплексах Арктики // *Успехи современной биологии*, 2018, т. 138, № 2, с. 218-224.

29. *Хлебович В.В.* О зарождении и судьбе цивилизаций // *Успехи современной биологии*, 2019, т. 139, № 2, с. 206-208.

30. *Хлебович В.В.* «Древо жизни» – животные – человек – наука // *Русский орнитологический журнал*, 2020, т. 29, № 19231. С. 2192-2195.

### **Ученики и последователи о 90-летнем юбилее, жизни и творчестве Владислава Вильгельмовича**

1. *Плотников И.С., Аладин Н.В., Смуров О.А., Фокин С.И.* Жизнь по гамбургскому счёту. 90 лет профессора Владислава Вильгельмовича Хлебовича // *Историко-биологические исследования*. 2022, Т. 14, №4 С. 187-201.

2. *Шадрин Н.В., Орлова М.И., Ануфриева Е.В., Смуров А.О.* Выдающийся отечественный зоолог и гидробиолог Владислав Вильгельмович Хлебович, к 90-летию // *Морской биологический журнал*, 2023, Т. 8, №1, с. 113-118.

## Юрий Викторович Наточин



6 декабря 1932 года в Харькове, Украинская ССР родился выдающийся российский физиолог Юрий Викторович Наточин.

Юрий Викторович окончил Новосибирский государственный медицинский институт в 1956 году по специальности «Лечебное дело», в этом же году поступил в аспирантуру Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова АН СССР и продолжал работать в этом институте младшим научным сотрудником, старшим научным сотрудником, заведующим лабораторией и работает в ИЭФБ РАН по сей день.

В 1960 году защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Сравнительно-физиологические особенности системы гиалуронидаза – гиалуроновая кислота в почках различных классов позвоночных».

С 1964 года – он заведующий лабораторией физиологии почки и водно-солевого обмена. В 1967 году защитил докторскую диссертацию «Транспорт воды и натрия в осморегулирующих органах» на соискание учёной степени доктора биологических наук. В 1972 году ему присвоено звание профессора.

23 декабря 1987 года избран членом-корреспондентом АН СССР, а 11 июня 1992 года – академиком РАН по Отделению физиологии и фундаментальной медицины.

Любовью всей своей жизни он называет физиологию, но область его научных интересов очень обширна – от физиологии висцеральных систем, физиологии почек и

водно-солевого обмена, эволюционной физиологии, космической биологии и медицины, нефрологии – до тайн происхождения жизни...

Большое место в работах Ю.В. Наточина занимают проблемы молекулярной физиологии. В начале 1960-х годов он выполнил исследования, посвящённые роли цАМФ в механизме действия антидиуретического гормона, показал его роль в регуляции функции почки у человека. Им исследованы молекулярные механизмы модуляции функций клеток осморегулирующих органов, лежащих в основе точной регуляции водно-солевого обмена, и показано, что в регуляции постоянства внутренней среды, наряду с эндокринными железами, участвуют аутокоиды. Это дало основание сформулировать положение о том, что интеграция функций обеспечивается не двумя, а четырьмя регуляторными системами – нервной, эндокринной, аутокоидной и физико-химическими условиями внеклеточной внутренней среды организма. Было выяснено значение аутокоидов при некоторых формах патологии почки у человека и удалось восстановить функцию при нормализации продукции аутокоидов, обосновано выделение этих заболеваний в группу аутокоидозов.

В 2003–2008 гг. Ю.В. Наточин обосновал новые представления о роли почек в физиологии пищеварения, показав, что белки и пептиды могут всасываться в кровь без расщепления в желудочно-кишечном тракте, достигать почек, затем чужеродные белки гидролизуются в них и используются для нужд организма. Эти данные имеют прикладное значение для аллергологии. Его новые работы внесли большой вклад в физиологию водно-солевого обмена и эндокринной системы: синтезированы новые аналоги нонапептидных гормонов нейрогипофиза, увеличивающие выделение натрия почкой в тысячи раз более эффективно, чем современные диуретики. Это открывает новые грани регуляции функции почек и может быть основой создания нового класса лекарственных веществ. Впервые показана адекватность разработанной молекулярной модели рецептора вазопрессина и влияния на него этого гормона при физиологических реакциях почки в организме.

В 2005 году высказал предположение, отличное от общепринятой концепции возникновения жизни в море, и аргументировал гипотезу, согласно которой средой возникновения протоклеток были водоёмы с преобладанием ионов К, а не морская вода с доминированием ионов Na. По его мнению, жизнь зародилась на суше, причём огромную роль в её появлении сыграли богатые калием глины. Адаптация к среде с доминированием Na<sup>+</sup> в ходе дальнейшей эволюции стала стимулом возникновения плазматической мембраны, дифференцировки клеток, возникновения нервных клеток, осморегулирующих органов.

Он выявил механизм изменения водно-солевого обмена у космонавтов, и эта методика до сих пор действует и очень актуальна. А также он предложил способ

нормализации водно-солевого обмена при ишемическом инсульте, что позволило снизить летальность почти вдвое.

В 1995 г. по инициативе ректора СПбГУ проф. Людмилы Алексеевны Вербицкой и при участии Ю.В. Наточина в Санкт-Петербургском государственном университете был создан медицинский факультет, первым деканом которого с 1995 года стал Юрий Викторович и оставался на этом посту по 2001 год. Он продолжает читать лекции второкурсникам медицинского факультета СПбГУ, конечно же, о деятельности почек.

Юрий Викторович – член Консультативного совета Ассоциации выпускников СПбГУ; член Президиума РАН (с 1996 г. – по настоящее время), академик-секретарь Отделения физиологии РАН с 1996 г. по 2002 г., затем с 2011 г. по 2017 г. – академик-секретарь Отделения физиологии и фундаментальной медицины РАН; председатель Научного совета РАН по физиологическим наукам, вице-президент Физиологического общества Российской Федерации; лауреат премии им. Л.А. Орбели Президиума АН СССР; награждён золотой медалью имени Я. Пуркинье «За выдающийся вклад в развитие биологии и медицины» (Чехословакия), медалью имени С. Рач (Венгрия), медалью им. И.П. Павлова (Физиологическое общество имени И.П. Павлова); является Ветераном Космонавтики России; академик Европейской академии, Международной астронавтической академии. Председатель Национального комитета физиологов России. Председатель Научного совета по физиологическим наукам. Председатель Объединенного научного совета «Биология и медицина» с 2000 г. по настоящее время.

С 2002 г. по настоящее время Юрий Викторович – Советник РАН.

Научная школа Ю.В. Наточина отнесена к числу ведущих научных школ России. Под его руководством подготовлено более 50 докторов и кандидатов наук. Среди них академики РАН, руководители институтов и кафедр России, а также Болгарии, Венгрии, Таджикистана, Туркмении и других стран.

Многие годы он был Главным редактором «Российского физиологического журнала им. И.М. Сеченова».

Говоря о Юрии Викторовиче, нельзя не упомянуть о многогранности его талантов, его увлечении художественной фотографией, поэзией, путешествиями... Недаром говорится, талантливый человек талантлив во всё. Так держать, Юрий Викторович!

С уважением, Ваши соратники и коллеги!

## Награды

1. Орден «Знак Почёта» (1977 год).
2. Орден «За заслуги перед Отечеством» IV степени (1999 год) – *за большой вклад в развитие отечественной науки, подготовку высококвалифицированных кадров и в связи с 275-летием Российской академии наук.*
3. Орден «За заслуги перед Отечеством» III степени (2008 год).
4. Премия имени Л.А. Орбели АН СССР (1980 год).
5. Премия Правительства РФ в области науки и техники (1996 год) – *за работу «Основные результаты биологических и физиологических исследований в полетах космических аппаратов «Бион» (1973—1993 годы) и их использование в теории и практике космической медицины».*
6. Золотая медаль имени И.П. Павлова РАН (2001 год).
7. Именная Премия имени И.П. Павлова Правительства Санкт-Петербурга и СПбНЦ РАН (2004) за выдающиеся научные достижения в области физиологии и медицины.
8. Премия Правительства РФ в области образования (2005 год) – *за учебник для образовательных учреждений высшего профессионального образования «Физиология человека».*
9. Премия «Триумф» (2009 год) – *за открытие нового типа осморегуляции у осетровых рыб.* Эти данные стали важным аргументом для предотвращения сброса черноморских вод в Каспийское море. Кроме того, им предложен метод адаптации человека к длительному пребыванию в космосе, который применяется в космической медицине и по сей день.
10. Удостоверение Ветерана Космонавтики Российской Федерации (2010 год).
11. Большая золотая медаль имени М.В. Ломоносова (декабрь 2022 год) – высшая научная награда Российской академии наук (РАН) в номинации «Наука» присуждена академику Юрию Викторовичу Наточину за фундаментальный вклад в изучение физиологии почки и водно-солевого обмена и его британскому коллеге, иностранному члену РАН Денису Нобл за выдающийся вклад в развитие физиологии кровообращения.

## Основные публикации

1. Ионорегулирующая функция почки. – Л., 1976.
2. Основы физиологии почки. – Л., 1982.
3. Водно-солевой гомеостаз и космический полет (совместно с О.Г. Газенко и А.И. Григорьевым). – М., 1986.
4. Функциональная нефрология (совместно с С.И. Рябовым). – СПб., 1997.

5. Fluid and electrolyte regulation in spaceflight (with C. S. Leach Huntoon, A.I. Grigoriev). – San Diego, 1998.

6. Введение в нефрологию (совместно с Н. А. Мухиным). – М., 2007.

### **Монографии и главы в книгах**

1. *Наточин Ю.В.* Руководство по физиологии почки и водно-солевому обмену. – М.: Изд-во Наука. 1993 г. – 443 с.

2. *Наточин Ю. В.* Физиология почек. В кн.: *Фундаментальная и медицинская физиология: Учебник для студентов высших учебных заведений. Т. 3 / Под ред. А.Г. Камкина.* – М.: Изд-во Де'Либри, 2020, с. 324-411.

3. *Марина А.С., Наточин Ю.В.* Анализ крови и мочи в клинической диагностике: справочник педиатра. – СПб.: Изд-во СпецЛит, 2016. – 159 с.

Ю.В. Наточин – автор 10 монографий, соавтор 4 учебников для вузов, ряда патентов и авторских свидетельств, более 350 статей, опубликованных в рецензируемых отечественных и международных журналах.



## **Береги Ленинград!**

*Л.С. Венциулис*

Родился я 18 мая 1930 г. в г. Ленинграде в Обуховской больнице на Загородном проспекте около Витебского вокзала. Врач, принимавшая роды, сказала моей маме, что ребенок родился в рубашке и, по народной примете, будет счастлив в жизни. В девяносто три года с уверенностью могу сказать, что счастлив в своей жизни.

Семьдесят четыре года моей жизни связаны с Военно-Морским Флотом (ВМФ) и с военно-морской деятельностью, том числе: 43 года военной службы в ВМФ и, после увольнения с действительной военной службы в запас в 1992 году, 31 год работаю профессором кафедры Военно-морской академии имени адмирала Н.Г. Кузнецова. Также 31 год (с 1992 года) работаю в Государственном университете морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова и в Научно-исследовательском центре экологической безопасности РАН (НИЦЭБ РАН) (в настоящее время входит в состав Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра РАН).

Особое значение в морально-нравственных установках, определивших всю мою дальнейшую жизнь, принадлежит моим родителям, братьям и сестрам, а также

общественным организациям (пионерская, комсомольская и партийная) нашей страны, которые воспитали во мне честность, порядочность и желание сделать максимум полезного для нашей Родины – России. Мои родители своим примером и трудолюбием, заботой о детях старались создать достойные условия жизни. Вместе с тем родители проявляли высокую требовательность к детям по выполнению ими домашних и школьных обязанностей. В нашей семье дружно отмечались семейные и государственные праздники, всей дружной семьей посещали музеи, театры, исторические места города и пригорода.

Моя мама, Венцюлис Зинаида Лавровна, работала лаборантом в Ленинградском кораблестроительном институте. Мой отец, Венцюлис Станислав Марцельевич, в 1912 г. создал предприятие по изготовлению и ремонту обуви, которое передал государству в 20-е годы XX века, и перешел на работу на Вагоностроительный завод им. Егорова, на котором работал до конца своих дней и пользовался заслуженным уважением.

В школе я учился на «отлично» и каждый год получал похвальные грамоты. До начала войны успел закончить только три класса, так как 22 июня 1941 года мирная и спокойная жизнь советских людей была нарушена вероломным нападением фашистской Германии на Советский Союз. Никто не мог предположить, что через 2,5 месяца после вторжения немецкие войска вплотную приблизятся к Ленинграду и 12 сентября 1941 года замкнут кольцо блокады, которая войдет в историю человечества. 872 дня Ленинградской блокады для 2-х миллионов 451 тысяч человек – это ежеминутная угроза жизни, лютый холод и голод, постоянная угроза фашистского вторжения.

В период блокады на Ленинград было совершено 258 воздушных налетов с участием 1876 самолётов, сброшено 4676 фугасных и 69613 зажигательных бомб. Разрушено 15 миллионов квадратных метров жилой площади, лишены крова 716 тыс. человек. Разрушено 840 заводов, 526 школ, 101 музей и 71 мост. Нормы хлеба сократились: до 250 граммов – для рабочих и 125 граммов – для служащих, детей и стариков. Не работали водопровод, канализация, транспорт. Однако, несмотря на все трудности войны и проблемы, которые возникли, город боролся, жил и активно противостоял врагу.

Мне было 11 лет. Однажды, проходя по улице, я увидел упавшего пожилого человека, и подбежал к нему, желая ему помочь. Человек терял сознание, успел мне сказать: «Молодой человек, береги Ленинград!». И умер. Для меня эти слова стали девизом на всю жизнь.

Все члены нашей семьи внесли свой вклад в оборону города и нашей страны:

- старший брат – студент Кораблестроительного института с первых дней войны ушел добровольцем на фронт и защищал Ленинград;
- старшая сестра только окончила школу – они всем классом решили уйти

добровольцами на фронт. Она провела всю войну в частях Ленинградского фронта;

- отец был непризывного возраста и состоял в бригаде охраны своего завода;
- мама принимала пожилых людей и детей в бомбоубежище нашего дома.

С 1941 по 1944 год я был связным при штабе Местной ПВО Ленинского района. По воздушной тревоге дежурил на крыше своего дома, где должен был тушить зажигательные бомбы. Таких бомб на крыше дома я погасил 3 и во дворе – 4. Однажды, когда я дежурил на крыше своего дома во время воздушной тревоги, в стоящий напротив семиэтажный дом упала фугасная бомба (500 кг), которая прошла все семь этажей и взорвалась. Сильной воздушной волной меня отбросило и ударило о дымовую кирпичную трубу, которая меня и спасла. Я был, конечно, весь в крови, но остался жив. С разбитой головой и вывернутой рукой спустился в бомбоубежище, где моя мама принимала пожилых людей и детей. Мне оказали первую помощь: перевязали разбитую голову и выправили руку. После чего мама сказала, чтобы я бежал на свой боевой пост. И отправила меня туда не зря, так как там я погасил еще одну зажигательную бомбу. Когда после тревоги я вернулся домой, мама меня обняла и на глазах у нее были слезы.

В своих воспоминаниях о блокаде Ленинграда я хотел на примере нашей семьи и жителей города показать, как люди были преданы своей Родине и Ленинграду, как искренне верили в победу и старались ее приблизить.

После окончания войны положение страны было крайне тяжелым, однако высокий уровень патриотизма и сознательность советских людей позволили уже в первые годы после окончания войны быстро восстанавливались поврежденные дома и дороги, промышленные предприятия и учреждения культуры.

В 1944 году я продолжил учебу в школе. Занимался в спортивных кружках, летом был пионервожатым в лагерях. В 1946 году вступил в комсомол. Многие учителя прошли суровые дни войны на фронте, поэтому, наряду с добротой и порядочностью, отличались достаточно высокой строгостью и требовательностью. В 1948 году твердо решил, что после окончания школы буду поступать в Высшее военно-морское инженерное училище (ВВМИУ) им. Ф.Э. Дзержинского. В августе 1949 года сдал вступительные экзамены и был зачислен курсантом в ВВМИУ им. Дзержинского.

Многие преподаватели ВВМИУ непосредственно участвовали в боевых действиях ВМФ, имели боевые награды. Преподаватели отлично знали свой предмет, объясняли понятно и доходчиво, а также щедро делились с нами своим боевым опытом и опытом эксплуатации технических систем в сложных условиях. Высокий уровень преподавания способствовал формированию знаний, умений и навыков проектирования, создания и эксплуатации корабельных энергетических установок. В училище я впервые выполнил научную работу по повышению эффективности

эксплуатации корабельных энергетических установок.

В 1954 году окончил ВВМИУ им. Ф.Э. Дзержинского, был назначен командиром машинно-котельной группы эсминца (ЭМ) «Способный» Балтийского флота (БФ). Служба на флоте включала работу с техническими средствами и с личным составом, эксплуатацию энергетического оборудования и решению ремонтных задач технических средств.

Особое внимание уделялось боевой подготовке в период учений и выполнение отдельных задач. Были интересные походы в зарубежные страны: в 1955 году ЭМ «Способный» в составе отряда кораблей БФ побывал с визитом дружбы в Англии, в 1956 году – в Дании и в Германии.

В 1958 году экипаж участвовал в обучении в Польше экипажей из Индонезии.

В 1960 году был назначен командиром электромеханической боевой части на ЭМ «Скрытный», который в 1961 году перешел Северным морским путём на Тихоокеанский флот в г. Петропавловск-Камчатский.

Служба на кораблях флота позволила мне приобрести навыки использования энергетических установок, которые позволили мне в дальнейшем творчески подходить к анализу их работы, выявлять недостатки и положительные стороны их функционирования, предлагать более совершенные методы эксплуатации и конструкции.

В 1961 году поступил в Военно-морскую ордена Ленина академию имени Адмирала Флота Н.Г. Кузнецова на кафедру «Паровые и газовые турбины», которой руководил заслуженный деятель науки и техники РФ, д.т.н., профессор, контр-адмирал Г.Г. Жаров. При первой встрече со мной начальник кафедры задал мне конкретный вопрос: «Какой научной проблемой планируете заниматься?». Я ответил, что хочу заниматься перспективными газотурбинными установками. В этот же день профессор Г.Г. Жаров рекомендовал меня для участия в работах по созданию газотурбинных установок в Центральном котлотурбинном институте (ЦКТИ) им. Ползунова. В ВМА разрешалось перейти на самостоятельное обучение, т.е. первые два месяца семестра самостоятельно заниматься и сдавать экзамены, а другие два месяца высвободить для самостоятельной научной работы. Со второго курса перешел на такую систему, которая меня в полной степени удовлетворяла.

На следующий день я посетил ЦКТИ им. Ползунова и встретился с начальником лаборатории турбин, который сказал, что лаборатории высокотемпературных газовых турбин поручена разработка ГТУ с температурой газа 1 200°С. Главным вопросом при решении этой проблемы был анализ существующих газотурбинных установок и выбор наиболее рациональной схемы двигателя и системы охлаждения деталей газовой турбины. Такая работа [1], которая заложила основы создания высокотемпературных газотурбинных установок, была выполнена Л.С. Венцюлисом и В.Г. Петуховым.

Показано, что экономичность ВГТУ с различными системами охлаждения элементов проточной части может быть достигнута [2]:

- 35% – с открытой системой воздушного охлаждения лопаток при  $t_r = 1\ 200^\circ\text{C}$ ;
- 37% – с закрытой системой воздушного охлаждения лопаток при  $t_r = 1\ 300^\circ\text{C}$ ;
- 40% – с жидкостной водо-натриевой системой охлаждения лопаток при  $t_r = 1\ 400^\circ\text{C}$ ;
- 50% – с керамическими лопатками при  $t_r = 1\ 600^\circ\text{C}$ .

Все системы охлаждения [3] позволили снизить температуру лопаток и температурные напряжения, что повысило их надежность. Весь комплекс работ по ВГТУ, проведенный в ЦКТИ, способствовал разработке технического задания на проектирование и создание первой в России корабельной ВГТУ, в чем я принимал активное участие.

В последние 30 лет также занимаюсь вопросами повышения экологической безопасности энергетики, в том числе разработкой и созданием систем снижения вредных выбросов в атмосферу от энергетических установок, работающих на жидком топливе [4].

Работы, выполненные по этой проблеме, можно разделить на две большие группы:

- теоретические основы повышения экологической безопасности энергетики [5];
- реализация системы сжигания водо-топливных эмульсий [6].

Первая группа работ представляет собой разработку теоретических основ использования гидротоплива в энергетических установках. Вторая группа работ – создание и внедрение установок сжигания водотопливных эмульсий в паровых котлах и дизельных энергетических установках.

Выполненные работы позволяют снизить вредные выбросы, образующиеся при сжигании жидких топлив, что обеспечивало:

- снижение газового загрязнения атмосферы на 35-45%;
- уменьшение теплового загрязнения окружающей среды на 8-10%;
- снижение потребления атмосферного воздуха, необходимого для горения топлива, на 20-30%;
- уменьшение потребления топлива на 3-5%.

Теоретические разработки, выполненные в ВМА и в НИЦЭБ РАН по созданию и использованию водотопливных эмульсий, реализованы на кораблях Черноморского и Северного флотов, на 5 ТЭЦ Санкт-Петербурга, предприятии «Адмиралтейские верфи», ППО «Стройдеталь», ППО «Парнас», топливных складах «Ручьи». Практически создание и внедрение систем снижения вредных выбросов в атмосферу

от энергетических установок, работающих на жидком топливе, показало достаточно высокую эффективность разработанных систем при сравнительно небольших экономических затратах (рис. 1).

По третьей проблеме – «Обращение с твердыми коммунальными отходами» – было выполнено: три работы – по Санкт-Петербургу и одна работа – по Ленинградской области.

В 2004 г. в СПбНЦ РАН под моим научным руководством была разработана «Концепция, программа и план обращения с твердыми коммунальными отходами в С.-Петербурге на 2005-2014 гг.».

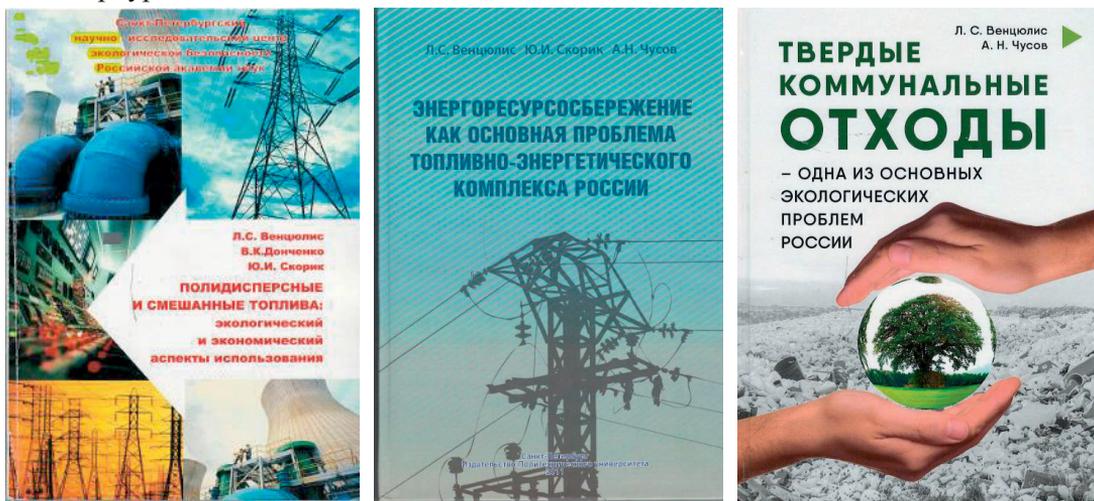


Рис. 1. Обложки наиболее значимых монографий, написанных с 2011 по 2017 годы

На основании концепции была создана Программа по оптимальному развитию системы обращения с ТКО в СПб на 2005–2014 гг. На базе программы был разработан план развития системы обращения с ТКО в СПб и его реализация [7]. В заключение концепции были представлены основные технологические, экологические и финансовые показатели при реализации программы мероприятий в Санкт-Петербурге в 2005–2014 гг. [8].

Концепция была согласована с комитетами Правительства Санкт-Петербурга, с предприятиями по сбору, перевозке и переработке ТКО и окончательно была принята Правительством Санкт-Петербурга к исполнению 02.08.2005 г., пр.№ 1151 «О концепции обращения с отходами в СПб на 2005–2014 гг.». В 2005 г. было заметно, как по городу начались работы по установке новых емкостей для сбора ТКО. Однако в 2012 г. Правительство отменило принятое постановление и заменило его новым, по которому и работало с 2012 г. по 2020-е гг.

Четвертая работа «Комплексная программа обращения с отходами производства и потребления на территории Ленинградской области на период с 2004

по 2013 г. была выполнена в 2003 г. СПбНЦ РАН под руководством профессора Л.С. Венцюлиса.

Программа была сформулирована на два пятилетних плана:

- программа А (с 2004-2008 г.);
- программа В (с 2009-2013 г.).

Принимая во внимание, что рассматриваемая проблема обращения с отходами имеет много общего, как для Санкт-Петербурга, так и для Ленинградской области, было уделено внимание решению этого вопроса для двух регионов совместно. С этой целью в лаборатории была выполнена работа «Единая политика обращения с отходами в Санкт-Петербурге и Ленинградской области» (Проект «TASIS») и издана монография [9].

Следует также отметить, что по инициативе исполнителей работы в 2000 г. губернаторами СПб и ЛО была подписана «Декларация о совместной политике сотрудничества Правительств в сфере охраны окружающей среды от загрязнения твердыми малотоксичными и бытовыми отходами».

Декларация предусматривала:

- проведение единой региональной политики в области обращения с отходами;
- согласование законодательной базы и унификации тарифной политики;
- координация принимаемых решений в зоне взаимных интересов;
- увеличение доли отходов, используемых в качестве вторичного сырья и переработки на МПЗ.

Все 68 лет моей трудовой деятельности при активной, целеустремленной работе принесли определенную пользу моей родине – России.

## **Литература**

1. *Венцюлис Л.С., Петухов В.Г.* Расчет тепловой экономичности ГТУ с охлаждаемыми турбинами энтропийным методом – ЦКТИ им. И.И.Ползунова, 1964. – 93 с.
2. *Жаров Г.Г., Венцюлис Л.С.* Судовые высокотемпературные газотурбинные установки. – Л.: Судостроение, 1973. – 359 с.
3. *Венцюлис Л.С., Петухов В.Г.* Сопловая лопатка турбомашин. №178827, КН14С, 1966.
4. *Венцюлис Л.С., Донченко В.К., Скорик Ю.И.* Экологический ущерб от ТЭК России и возможности его снижения. – СПб.: Изд. «ВВМ», 2012. – 174 с.
5. *Венцюлис Л.С., Гусев А.Н.* Энергоресурсосбережение как основная проблема ТЭК России. – СПбПУ Петра Великого. 2011. – 238 с.
6. *Венцюлис Л.С., Скорик Ю.И.* Дисперсионное устройство струйно-

кавитационного типа с регулированием качества эмульсии. №97101940/06 (001751).

7. Венцюлис Л.С., Скорик Ю.И. Система обращения с отходами: принципы организации и оценочные критерии. – СПб НЦ РАН, 2007. – 205 с.

8. Венцюлис Л.С., Гусев А.Н. Твердые коммунальные отходы – одна из основных экологических проблем России. – СПбПУ Петра Великого, 2017. – 208 с.

9. Венцюлис Л.С., Скорик Ю.И. и др. Единая политика обращения с отходами в СПб и ЛО. – НИИХимии СПб ГУ, макет, 2000. – 154 с.

18 мая 2023 года исполнилось 93 года со дня рождения Леонарда Станиславовича Венцюлиса, с которым СПбНЦ РАН связывает многолетнее плодотворное творческое содружество, в первую очередь, в области разработки программ утилизации твёрдых бытовых отходов.

Леонард Станиславович – контр-адмирал, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, заслуженный работник высшей школы РФ, академик Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ), Петровской академии наук и искусств (ПАНИ), почетный академик Российской академии транспорта (РАТ), почетный профессор Военно-морской академии. Награжден 2-мя орденами, 22-мя медалями и несколькими нагрудными знаками, в том числе «Житель блокадного Ленинграда», «Отличник рационализации и изобретательства». Один из создателей теоретических основ высокотемпературных газотурбинных установок и участник внедрения их на корабли ВМФ. Основатель и руководитель научной школы «Научные основы энергоресурсосбережения и экологической безопасности энергетических установок». Автор 415 научных трудов, в том числе 16-монографий и 26-ти учебников и учебных пособий.

Такая плодотворная и многогранная творческая деятельность говорит о многом.

Глубокоуважаемый Леонард Станиславович, Ваши коллеги из СПбНЦ РАН от всей души желают Вам здоровья, творческого долголетия и успехов!

От имени сотрудников СПбНЦ РАН

И.О. директора СПбНЦ РАН

д.б.н. М.И. Орлова

учёный секретарь Объединённого научного совета

«Экология и природные ресурсы» СПбНЦ РАН

Н.Ю. Быстрова

# Петербургская академическая наука. Альманах. 2023.

## Выпуск №2

### Сведения об авторах

<b>А</b> Антропова Т.В. – д.х.н. Актуганова И.И. Ащеулова Н.А. – к.соц.н.	ИХС им. И.В. Гребенщикова РАН ИФ им. И.П. Павлова РАН СПбФ ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН
<b>Б</b> Бубнова Р.С. – д.х.н. Быстрова Н.Ю.	ИХС им. И.В. Гребенщикова РАН СПбНЦ РАН
<b>В</b> Венцюлис Л.С. – д.т.н., проф., засл. деятель науки и техники РФ  Верёвкин М.В. Волгин П.Н. – д.в.н., проф.	ВУНЦ ВМФ «ВМА», ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, НИЦЭБ РАН  СПбНЦ РАН СПИИРАН – НТБВТ, ВУНЦ ВМФ «ВМА»
<b>Г</b> Говорухин В.П. – к.т.н., проф. Голубева О.Ю. – д.х.н.	СПбНЦ РАН ИХС им. И.В. Гребенщикова РАН
<b>Д</b> Дворников А.Ю. – к.ф.-м.н. Джапаридзе Л.А. – к.б.н.	СПбФ ИО им. П.П. Ширшова РАН СПбНЦ РАН
<b>Е</b> Евстратов А.А. – д.т.н.	ИАП РАН
<b>З</b> Зайцева Т.С. – к.г.-м.н. Зимин А.В. – д.т.н.	ИГГД РАН СПбФ ИО им. П.П. Ширшова РАН
<b>И</b> Иванова А.Г. – к.х.н. Иванова Е.А. – к.и.н. Ильина Н.Н.	ИХС им. И.В. Гребенщикова РАН СПбНЦ РАН СПбНЦ РАН
<b>К</b> Кляус К.М. – к.т.н. Кочина Т.А. – д.х.н. Кручинина И.Ю. – д.т.н. Кузнецов А.Б. – д.г.-м.н., член-корр. РАН	СПбНЦ РАН ИХС им. И.В. Гребенщикова РАН ИХС им. И.В. Гребенщикова РАН ИГГД РАН
<b>Л</b> Лебедева Ю.М. к.г.-м.н.	ИГГД РАН
<b>М</b> Малова Т.И. – к.г.н. Мальгин И.Г. – д.т.н. Масленникова Т.П. – к.х.н.	СПбФ ИО им. П.П. Ширшова РАН ИПТ им. Н.С. Соломенко РАН ИХС им. И.В. Гребенщикова РАН
<b>Н</b> Нестерчук А.А. – к.в.н. Николаева Л.Г.	СПбНЦ РАН СПбНЦ РАН
<b>О</b> Орлова М.И. – д.б.н.	СПбНЦ РАН

- |          |   |  |
|----------|---|--|
| <b>П</b> | Пименова Т.Ф. – к.х.н.<br>Пожарская О.Д.  | СПбНЦ РАН<br>СПбНЦ РАН   |
| <b>Р</b> | Родионов А.А. – д.т.н., член-корр. РАН,<br>засл. деятель науки и техники РФ<br>Родионов В.А. – д.т.н., проф.<br>Родионов М.А. – к.ф.-м.н.<br>Романенков Д.А. – к.т.н.<br>Румянцев В.А. – д.г.н., академик РАН<br>Рыбкин В.Г. – к.соц.н. | СПбФ ИО им. П.П. Ширшова РАН<br><br>СПбНЦ РАН<br>СПбФ ИО им. П.П. Ширшова РАН<br>СПбФ ИО им. П.П. Ширшова РАН<br>СПбНЦ РАН<br>Ассоциация по сертификации «Русский<br>Регистр», СПбНЦ РАН |
| <b>С</b> | Синельникова Е.Ф. – к.и.н.<br>Столярова В.Л. – д.х.н., акад. РАН<br>Строгова Е.В.<br>Сычёва Г.А. – к.х.н.   | СПбФ ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН<br>ИХС им. И.В. Гребенщикова РАН<br>СПбНЦ РАН<br>ИХС им. И.В. Гребенщикова РАН   |
| <b>Ч</b> | Чуйкин А.Е. – к.б.н.  | ИФ им. И.П. Павлова РАН  |
| <b>Ш</b> | Шилова О.А. – д.х.н.  | ИХС им. И.В. Гребенщикова РАН  |
| <b>Щ</b> | Щербаков А.П. – к.ф.-м.н.   | ИАП РАН  |
| <b>Ю</b> | Юсси М. – Ph.D.   | Некоммерческая консалтинговая<br>компания «Морские исследования»<br>(MTÜ Pro Mare), Эстония  |

Научное издание

## ПЕТЕРБУРГСКАЯ АКАДЕМИЧЕСКАЯ НАУКА

Альманах

Выпуск 2

**Деятельность учреждений науки РАН  
в 2021–2022 годах**

*Под общей редакцией  
академика РАН В.А. Румянцева,  
доктора биологических наук М.И. Орловой*

Издательство Санкт-Петербургского  
государственного экономического университета  
191023 Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30/32, литер А  
Тел.: (812) 458-97-76  
E-mail: [print@unecon.ru](mailto:print@unecon.ru)  
Сайт: [www.print.unecon.ru](http://www.print.unecon.ru)

Подписано в печать 01.06.2023. Формат 70×108/16  
Усл. печ. л. 23,19. Тираж 500 экз. Заказ 445

Отпечатано с оригинал-макета  
Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук  
199034 Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 5  
Тел./факс: (812) 328-37-87  
E-mail: [office@spbrc.nw.ru](mailto:office@spbrc.nw.ru)  
Сайт: <https://spbrc.ru>

При оформлении 1-й страницы обложки использован фрагмент карты  
«Планъ столичнаго города Санктпетербурга. Изданный 1830 года.  
Седьмаго класса и кавал. А. Савинковымъ». Подарочная надпись:  
«Его высокопревосходительству С.Петербургскому военному  
Генераль-губернатору и кавалеру Петру Кириловичу Эссену от издателя» //  
[Электронный ресурс]. URL: <http://www.kupsilla.ru/map.htm>,  
<https://disk.yandex.ru/d/f7xFEelk4iceu>, свободный. Яз. рус.  
(дата обращения: 30.08.2021).

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

Статьи публикуются в авторской редакции.

Авторы несут ответственность за достоверность сведений, изложенных в статьях.

Мнение редакции может не совпадать с мнением их авторов.

При использовании материалов ссылка на Альманах  
«Петербургская академическая наука» обязательна.

# Петербургская академическая наука. Альманах 2023. Выпуск 2

## Содержание выпуска

- Владислав Александрович! Поздравляем с юбилеем!
- Понемногу о главном в стране и Российской академии наук
- История Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук
- Игорь Алексеевич Глебов и Жорес Иванович Алфёров. Жизнь, отданная науке
- Институт аналитического приборостроения Российской академии наук: основные достижения в 2021-2022 годах
- Комплексное решение проблем интегральной транспортной инфраструктуры России
- Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН: международный год стекла
- Деятельность Института физиологии им. И.П. Павлова РАН в 2021-2022 гг.
- Водно-вихревые и биогеохимические процессы в глубине и на границе раздела «вода-воздух» в широком диапазоне масштабов. Исследования Санкт-Петербургских океанологов
- Главные результаты Института геологии и геохронологии докембрия РАН за 2021-2022 годы
- Санкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук в 2021-2022 гг.
- Мировой приоритет отечественных учёных в области радиолокации и радиолокационной техники
- Геоинформационные системы для управления морской деятельностью
- Обработатели – источники биопомех объектов энергетики в техногенно-трансформированных континентальных и прибрежных морских водоёмах Европейской части Российской Федерации
- Использование среды обитания балтийской кольчатой нерпой (*Pusa hispida botnica*) в Финском заливе
- Новый подход к оценке атмосферных выбросов предприятий энергетики
- Мультимодальные перевозки: экологический аспект
- Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук: научно-организационная деятельность в области исторических и общественных наук
- Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук: Первая Санкт-Петербургская научная школа-семинар молодых учёных «Механика, химия и новые материалы» (МХНМ)
- Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук: научно-организационная деятельность в области биологии, физиологии и медицины
- Юбилеи. Даты. Воспоминания

ISBN 978-5-7310-6091-2



9 785731 060912 &gt;

<https://spbrc.ru>

© Санкт-Петербургский научный центр РАН, 2023  
© Коллектив авторов, 2023  
© Издательство СПбГЭУ, 2023  
© СПбПУ Петра Великого, 2023