



Отчет о научной и научно-  
организационной деятельности  
ИПМИ КарНЦ РАН  
за 2025 г.





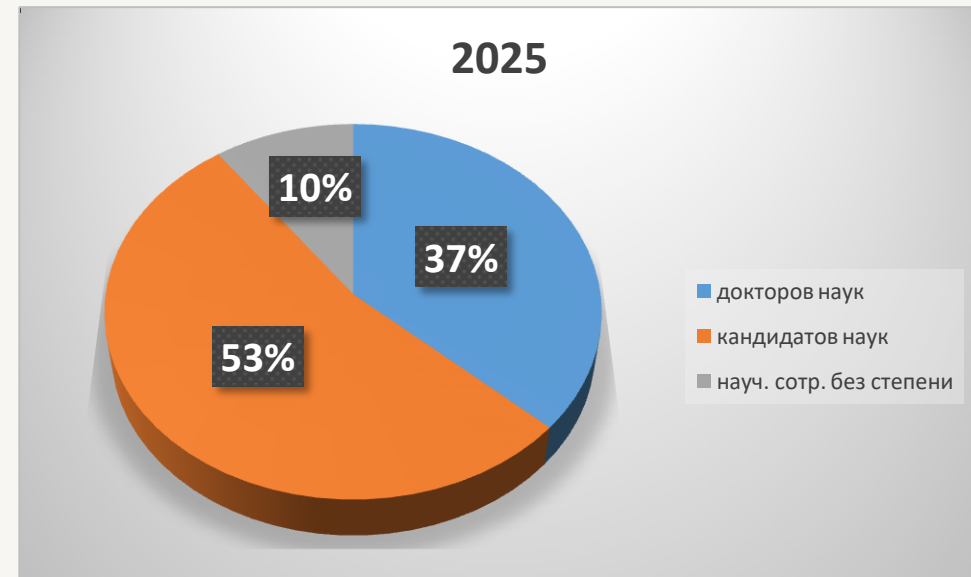
**Общие сведения**

# НАУЧНЫЕ КАДРЫ

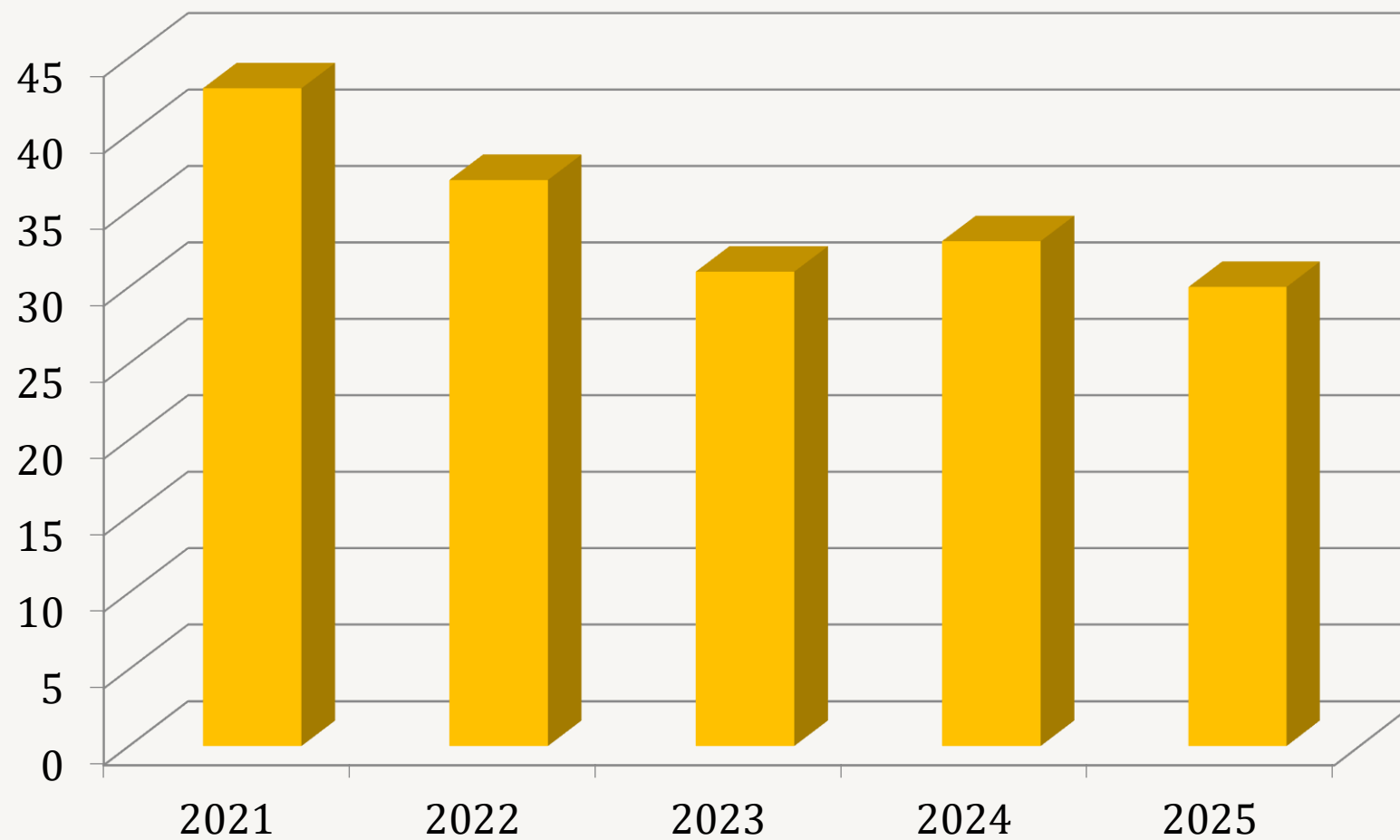
ЧИСЛЕННОСТЬ СОТРУДНИКОВ (основное место работы)	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
общая	39	38	39	34	32
научных сотрудников	29	31	32	31	30
докторов наук	9	10	11	11	11
кандидатов наук	20	19	17	16	16
научных сотрудников без степени	0	2	4	4	3

Средний возраст работника –  
**49,03** года

Доля исследователей в возрасте  
до 39 лет – **30** %



## Доля исследователей до 39 лет (%)



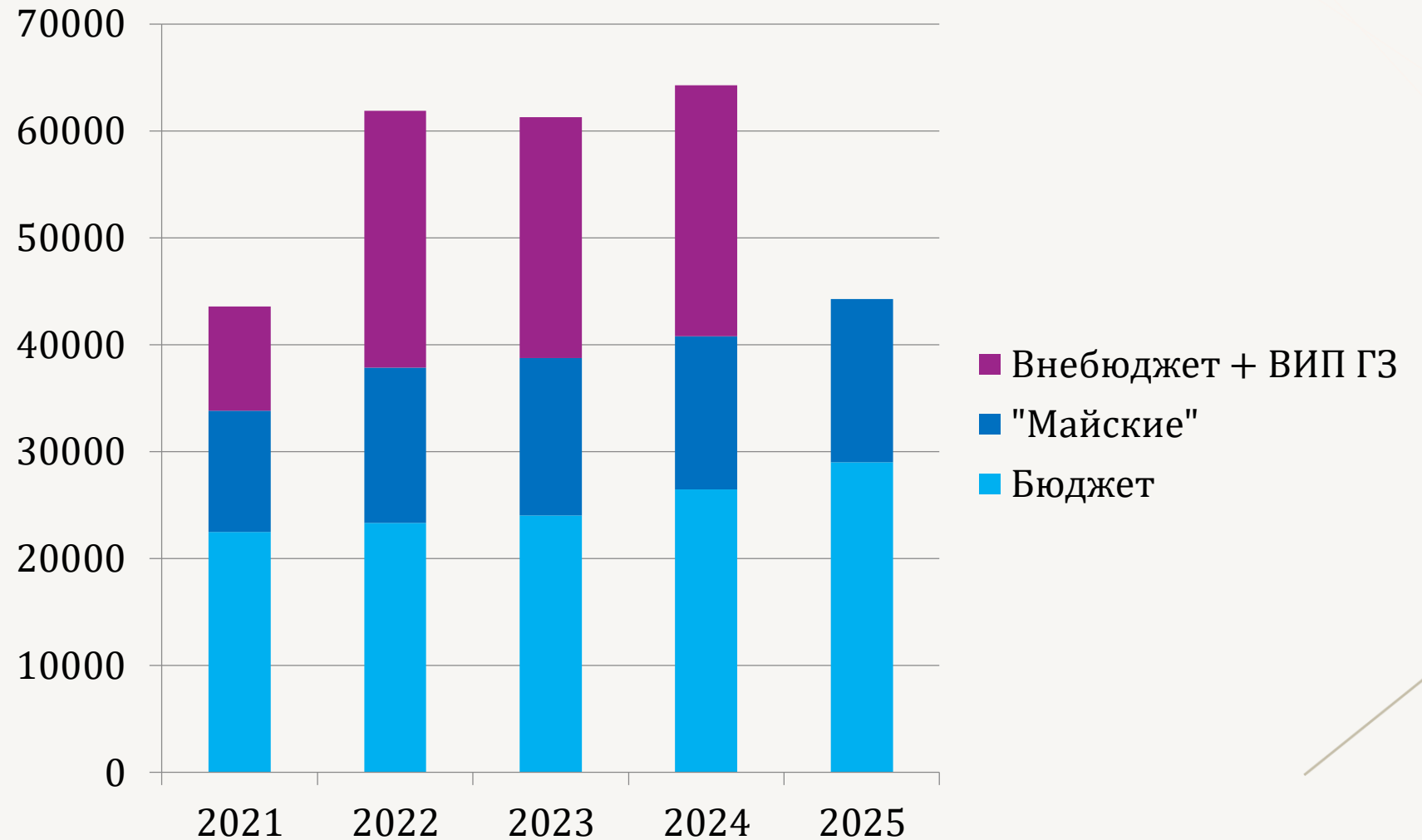
## ТЕМЫ НИР (ГОСЗАДАНИЕ)

1.	FMEN-2024-0003	Управляемая динамика, структурные изменения и краевые задачи в нелинейных моделях экологических, экономических и природно-технических систем	А.Н. Кириллов
2.	FMEN-2024-0005	Случайные графы, структура и информационный поиск, кооперация и конкуренция в сетях и приложения в сложных системах	В.В. Мазалов
3.	FMEN-2024-0010	Стохастическое моделирование, анализ и оценивание характеристик информационно-вычислительных и телекоммуникационных систем	А.С. Румянцев

Объем базового финансирования в 2025 г. составил (тыс. рублей)	44256,71
в том числе на повышение оплаты труда научных сотрудников	15227,16

# СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ФИНАНСИРОВАНИЯ

## Объем финансирования (тыс. рублей)



Средняя зарплата научного  
сотрудника в 2025 г. –  
**109 148,15 руб.**



Важнейшие  
результаты  
исследований

## Об объемах деревьев леса

### Гальтона–Ватсона в промежуточном случае

© 2025 г. Ю.Л. Павлов\*

Рассматриваются леса Гальтона–Ватсона, образованные начинающимся с  $N$  частиц однородным критическим ветвящимся процессом, общее число потомков которых до вырождения равно  $n$ . Число непосредственных потомков каждой частицы имеет распределение

$$p_k = \frac{h(k+1)}{(k+1)^\tau}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad \tau \in (2, 3),$$

где  $h(k)$  — такая функция, что  $h(x) \rightarrow D \in (0, \infty)$ , когда  $x \rightarrow \infty$ . Найденные предельные распределения максимального объема дерева и числа деревьев заданного объема, когда  $N, n \rightarrow \infty$  так, что  $n/N^{\tau-1} \rightarrow \gamma$ ,  $0 < \gamma < \infty$ .

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из федерального бюджета на выполнение государственного задания Карельского научного центра РАН (Институт прикладных математических исследований КарНЦ РАН).

**Ключевые слова:** лес Гальтона–Ватсона, объем дерева, предельные теоремы

## Предельные теоремы для числа деревьев заданного объема леса Гальтона–Ватсона с ограниченным числом вершин

© 2025 г. Е. В. Хворостянская\*

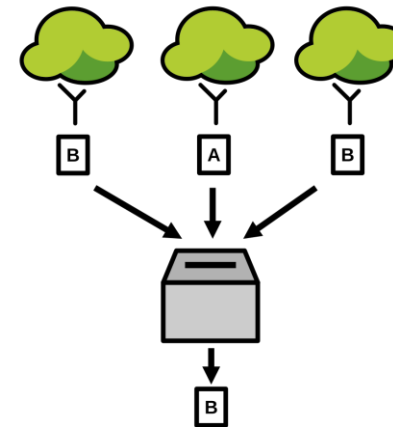
Рассматривается случайный лес, образованный траекториями однородного ветвящегося процесса Гальтона–Ватсона с  $N$  начальными частицами, в котором число прямых потомков каждой частицы имеет распределение  $p_k = (k+1)^{-\tau} - (k+2)^{-\tau}$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots$ . Для леса Гальтона–Ватсона, общее число вершин которого не превосходит  $n$ , получены предельные распределения числа деревьев заданного объема при  $N, n \rightarrow \infty$  и различных значениях параметра  $\tau$ .

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из федерального бюджета на выполнение государственного задания Карельского научного центра РАН (Институт прикладных математических исследований КарНЦ РАН).

**Ключевые слова:** лес Гальтона–Ватсона, число деревьев заданного объема, предельное распределение

# ПРЕДЕЛЬНЫЕ ТЕОРЕМЫ ОБ ОБЪЕМАХ ДЕРЕВЬЕВ ЛЕСА ГАЛЬТОНА-ВАТСОНА

Исследованы леса Гальтона-Ватсона, образованные критическим ветвящимся процессом, в котором распределение числа непосредственных потомков каждой частицы задано дискретным степенным законом с неизвестной медленно меняющейся функцией. Для случайного леса с известным числом некорневых вершин найдены предельные распределения максимального объема дерева при неограниченном росте числа деревьев и числа некорневых вершин. Доказаны предельные теоремы об объемах деревьев в лесах Гальтона-Ватсона, о числе некорневых вершин которых известна только верхняя граница.



Лаб. теории вероятностей и компьютерной статистики, г.н.с., д.ф.-м.н. проф. Ю.Л. Павлов; с.н.с., к.ф.-м.н. Е.В. Хворостянская

ДОПОЛНЕНИЕ К ТЕОРЕМЕ  
ПОНТРЯГИНА — ШНИРЕЛЬМАНА  
А. В. Иванов

**Аннотация.** Нижняя емкостная размерность метрического компакта  $X$  впервые была рассмотрена в работе Л. С. Понтрягина и Л. Г. Шнирельмана 1932 г., где было доказано, что величина нижней емкостной размерности всегда не меньше топологической размерности  $X$  и на любом метризуемом компакте существует метрика, для которой нижняя емкостная размерность равна топологической размерности. В настоящей статье доказано, что для любого бесконечного метризуемого компакта  $X$  и любого числа  $b$ , больше либо равного топологической размерности  $X$  (включая бесконечность), на  $X$  существует совместимая с топологией метрика, для которой нижняя емкостная размерность  $X$  равна  $b$ .

DOI 10.33048/smzh.2025.66.104

**Ключевые слова:** метрический компакт, емкостная размерность, теорема Понтрягина — Шнирельмана.

Нижняя емкостная размерность  $\dim_B$  метрического компакта  $(X, \rho)$  впервые рассмотрена (по названию «метрический порядок») в работе Л. С. Понтрягина и Л. Г. Шнирельмана [1], где была доказана следующая фундаментальная теорема.

**Теорема 1 [1].** Топологическая размерность  $\dim X$  метризуемого компакта  $X$  совпадает с точной нижней гранью нижних емкостных размерностей этого компакта по всем метрикам, совместимым с топологией  $X$ .

# ДОКАЗАНА ТЕОРЕМА, ДОПОЛНЯЮЩАЯ КЛАССИЧЕСКИЙ РЕЗУЛЬТАТ ПОНТРЯГИНА-ШНИРЕЛЬМАНА

Доказано, что для любого бесконечного метризуемого компакта  $X$  и любого числа  $b$ , больше либо равного топологической размерности  $X$  (включая бесконечность), на  $X$  существует совместимая с топологией метрика, для которой нижняя емкостная размерность  $X$  равна  $b$ .

ISSN 0037-4474

СИБИРСКИЙ  
МАТЕМАТИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ИНСТИТУТА МАТЕМАТИКИ СО РАН

# АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИКОЙ МНЕНИЙ

## АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В МОДЕЛИ ДИНАМИКИ МНЕНИЙ ДВУХ АГЕНТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

### Two-Stage Game Model of Opinion Dynamics



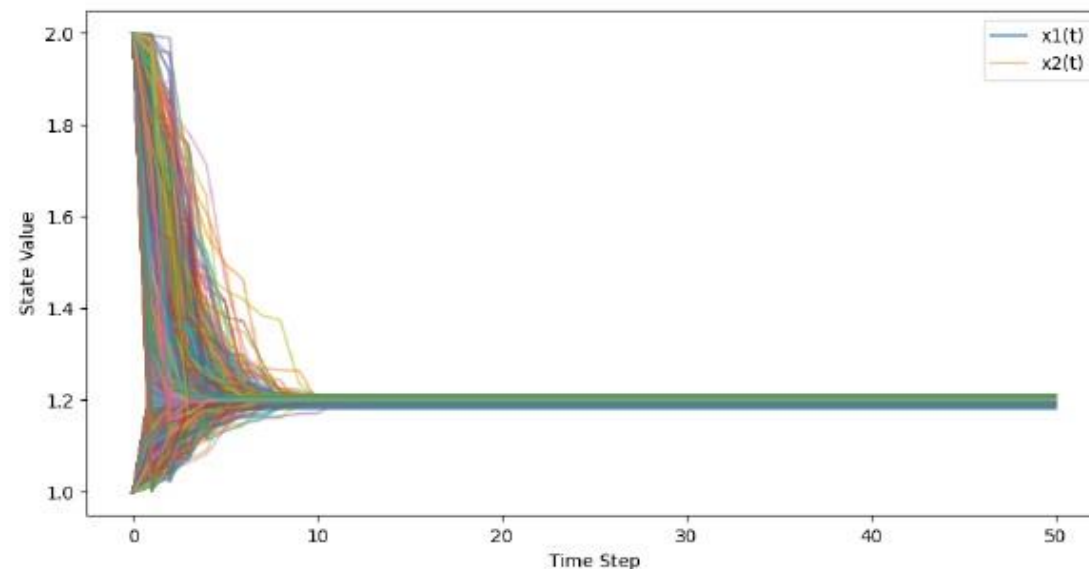
Yanshan Liu<sup>1</sup> , Vladimir V. Mazalov<sup>2,3</sup> , and Hongwei Gao<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Qingdao University, No. 308, Ningxia Road, Qingdao 266071, Shandong, China  
{2021020269, gaohongwei}@qdu.edu.cn

<sup>2</sup> St. Petersburg State University, Bibliotechnaya pl. 2, St Petersburg 198504, Russia  
v.v.mazalov@spbu.ru

<sup>3</sup> Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Center,  
Russian Academy of Sciences, ul. Pushkinskaya 11, Petrozavodsk 185910, Russia

Предложен новый подход с использованием адаптивного управления в задаче управления динамикой мнений в условиях неопределенности о значениях параметров. Теоретические результаты подтверждаются численным моделированием, подчеркивающим поэтапный характер траектории формирования мнений и ее динамическую связь с целями игроков.

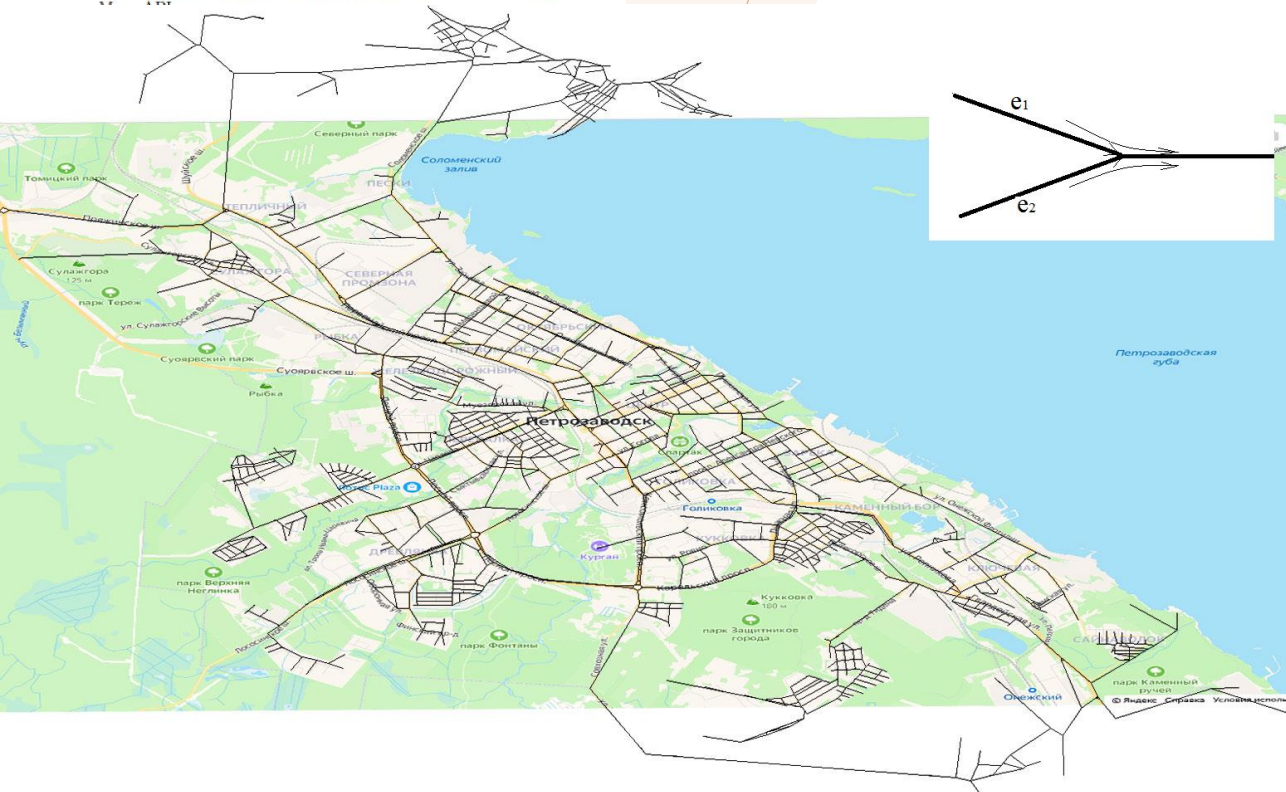


## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ YANDEX КАРТЫ В МОДЕЛИ ВАРДРОПА

Юлия В. Чиркова\*,

Институт прикладных математических исследований  
Карельский научный центр РАН  
185910, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11  
e-mail: julia@krc.karelia.ru

При решении на практике задач, в том числе связанных с моделированием и анализом транспортной системы, одной из актуальных проблем является сбор начальных данных. На основе этих данных определяются параметры модели, при этом важно, чтобы модель была максимально приближена к реальности. В данной работе описывается опыт сбора данных для построения транспортной модели Вардропа и использования для этого доступного инструментария, в том числе Yandex



# МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Разработана методика сбора данных для построения модели Вардропа с использованием программного инструментария Yandex Maps API. Применение навигационных агрегаторов дает возможность более точно оценить пропускную способность дорожной системы, однако имеются лицензионные ограничения на сохранение и использование данных. Эксперименты показали целесообразность использования данных Yandex Maps API в комбинации с остальными открытыми источниками, такими как OpenStreetMap, базы данных ФИАС и Национальный проект «Жилье и городская среда».

Лаб. информационных компьютерных технологий,  
в.н.с., д.ф.-м.н. Ю.В. Чиркова

Article

## Splitting-Based Regenerations for Accelerated Simulation of Queues

Irina Peshkova <sup>1,2,†</sup>, Evsey Morozov <sup>1,2,3,†</sup> and Michele Pagano <sup>4,\*,†</sup>

- <sup>1</sup> Department of Applied Mathematics and Cybernetics, Petrozavodsk State University, Lenin Str. 33, 185910 Petrozavodsk, Russia; iaminova@petsu.ru (I.P.); emorozov@karelia.ru (E.M.)  
<sup>2</sup> Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences, Pushkinskaja Str. 11, 185910 Petrozavodsk, Russia  
<sup>3</sup> Moscow Center for Fundamental and Applied Mathematics, Moscow State University, 119991 Moscow, Russia  
<sup>4</sup> Department of Information Engineering, University of Pisa, Via G. Caruso 16, 56122 Pisa, Italy  
\* Correspondence: michele.pagano@unipi.it  
† These authors contributed equally to this work.

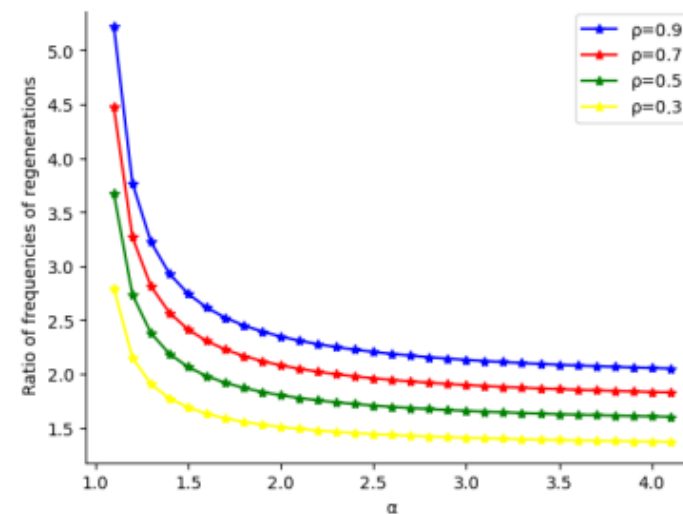
### Abstract

In this paper, we address the problem of increasing the number of regenerations in the simulation of the workload process in a single-server queueing system. To this end, we extend the splitting technique developed for the Markov workload process in the M/M/1 queue to the more general GI/M/1 queueing systems. This approach is based on a minorization condition for the transition kernel of the workload process, which is a Markov chain defined by the Lindley recursion. The proposed method increases the number of regenerations during the simulation and potentially reduces the time required to estimate stationary performance metrics with a given level of precision.

**Keywords:** queueing system; artificial regeneration; splitting

# АНАЛИЗ СИСТЕМ ОБСЛУЖИВАНИЯ

В односерверных системах с интервалами между поступлениями заявок, имеющими гиперэкспоненциальное распределение или распределение Парето, предложен метод построения рандомизированной регенерации на основе расщепления переходного ядра стационарного процесса незавершенной работы, удовлетворяющего рекурсии Линдли.



# КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

## Quantum Circuit Optimization Via Graph Partitioning by Quantum Annealing

M. A. Maltseva<sup>1,2\*</sup>, E. Blanzieri<sup>1\*\*\*</sup>, and A. S. Romyantsev<sup>2,3\*\*\*\*</sup>

(Submitted by F. M. Ablayev)

<sup>1</sup>Department of Information Engineering and Computer Science, University of Trento, Trento, 38123 Italy

<sup>2</sup>Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Centre  
of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, 185910 Russia

<sup>3</sup>Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Velikiy Novgorod, 173003 Russia  
Received June 26, 2024; revised August 1, 2024; accepted August 15, 2024

**Abstract**—In quantum computing hardware, physical limitations are defining the connectivity of qubits, with Linear Nearest Neighbor being a convenient ordering for quantum mapping. To make quantum circuit Linear Nearest Neighbor-compatible, significant overhead (given by the so-called Nearest Neighbor Cost) may be caused by a set of additional gates necessary to make qubit lines of each gate of the circuit adjacent. In this work, the problem of quantum circuit optimization for Linear Nearest Neighbor architecture according to Nearest Neighbor Cost is treated by global qubit lines reordering. Such a reordering may be obtained as a result of graph partitioning heuristics. In this paper, we perform recursive graph partitioning on a quantum annealing hardware, thus making use of quantum optimizer to optimize a quantum circuit, to the best of our knowledge, for the first time. Extensive numerical experiments are performed for several circuits from various quantum circuit libraries, which demonstrate perspectives of the proposed approach.

DOI: 10.1134/S1995080224604168

Исследована задача оптимизации квантовых цепей на архитектуре ближайшего соседа с целью сокращения числа SWAP-вентилей. Исходный подход, основанный на локальной перестановке кубитов, был модифицирован за счёт применения усовершенствованного метода квантового отжига. Алгоритм был апробирован на квантовом процессоре D-Wave, а само исследование составило одну из глав PhD диссертации, успешно защищённой в 2025 г.



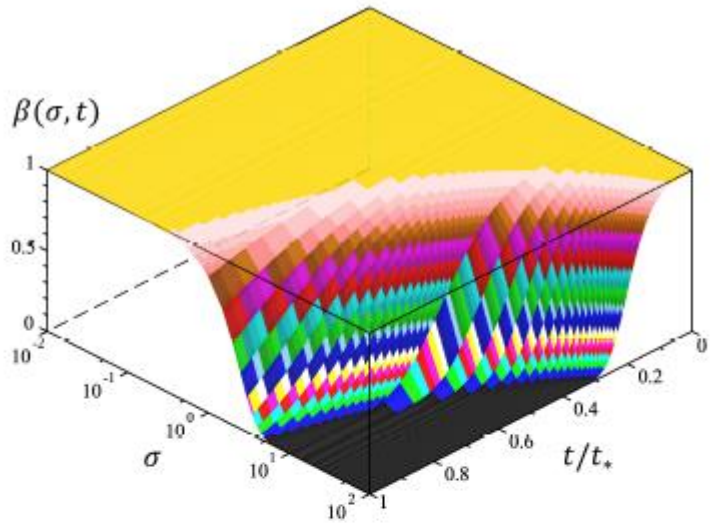
PLEIADES GROUP OF COMPANIES  
Distributed by SPRINGER NATURE



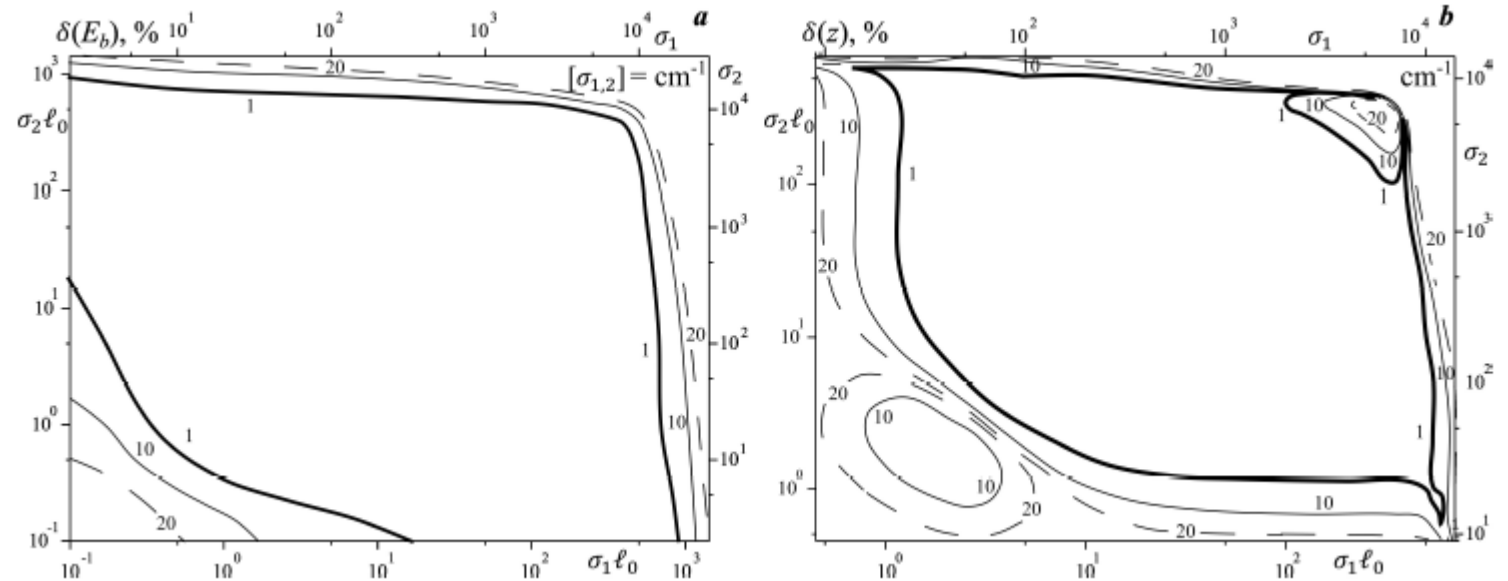
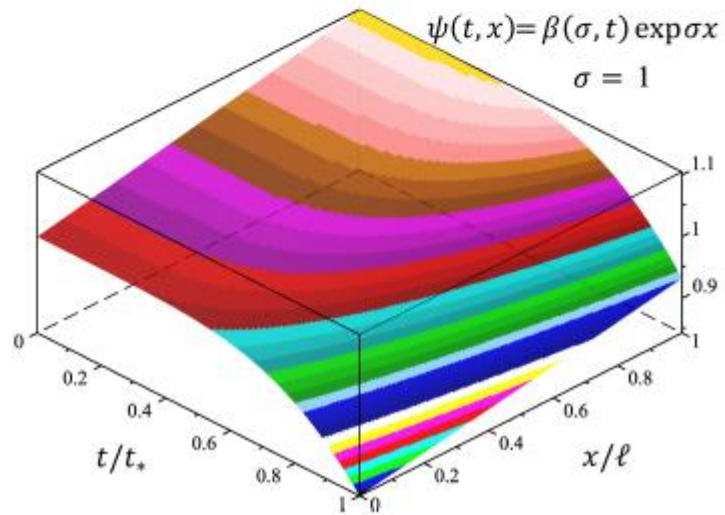
Лаб. стохастического моделирования информационно-вычислительных и телекоммуникационных систем, в.н.с., д.ф.-м.н. А. С. Румянцев; м.н.с. М.А. Макарова

# АЛГОРИТМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕРМОДЕСОРБЦИИ ВОДОРОДА

Разработан алгоритм параметрической идентификации по спектру термодесорбции поверхностных параметров (десорбции и растворения) динамики термодесорбции изотопов водорода из конструкционных материалов методом сопряженных уравнений.



c



### Периодическое управление биосообществом и гомеоморфизмы окружности

А. Н. Кириллов

**Кириллов Александр Николаевич** — доктор физико-математических наук, Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН (г. Петрозаводск).  
e-mail: krllv1812@yandex.ru

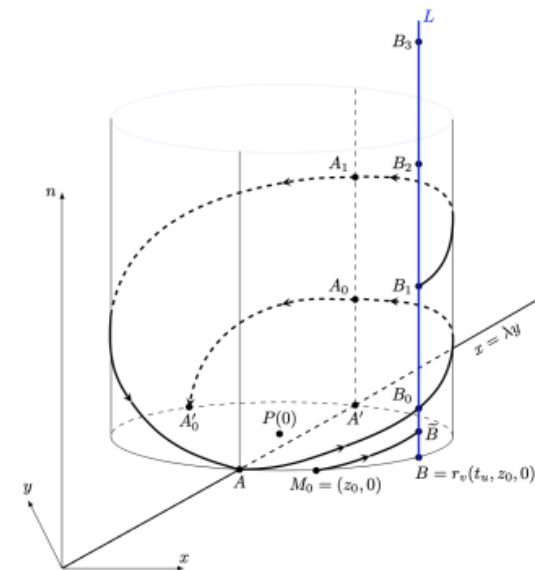
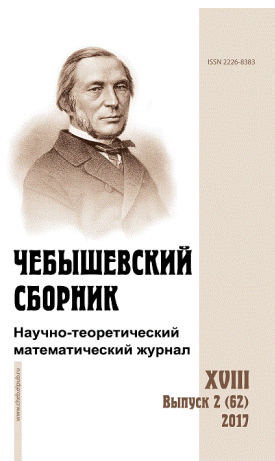
#### Аннотация

Предлагается и исследуется математическая модель периодического процесса управления, предназначенная для решения экологической проблемы сохранения видовой структуры биосообщества «хищник-жертва». Модель основана на сведении непрерывной динамики к дискретной, порожденной гомеоморфизмами окружности.

Динамика взаимодействия видов описывается трехмерной системой обыкновенных дифференциальных уравнений. Два уравнения задают систему Лотки – Вольтерры, а третье — динамику пищевой привлекательности участка, понятие которой введено в [1]. Специфика системы такова, что ее траектории принадлежат инвариантным цилиндрическим поверхностям, что позволяет провести полное качественное исследование системы.

# КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ БИОСООБЩЕСТВ

Предложена и исследована математическая модель периодического процесса управления, предназначенная для решения экологической проблемы сохранения видовой структуры биосообщества «хищник-жертва». Модель основана на сведении непрерывной динамики к дискретной, порожденной гомеоморфизмами окружности.



Лаб. информационных компьютерных технологий, в.н.с., д.ф.-м.н. А.Н. Кириллов

## МЕТОД ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТРЕХ WORK-STEALING ДЕКОВ В ДВУХУРОВНЕВОЙ ПАМЯТИ

© 2025 Е.А. Аксёнова<sup>1</sup>, Е.А. Барковский, А.В. Соколов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра  
Российской академии наук

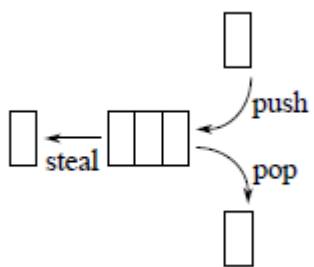
(185910 Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11)

E-mail: [aksenova@krc.karelia.ru](mailto:aksenova@krc.karelia.ru), [barkevgen@gmail.com](mailto:barkevgen@gmail.com), [avs@krc.karelia.ru](mailto:avs@krc.karelia.ru)

Поступила в редакцию: 21.07.2025

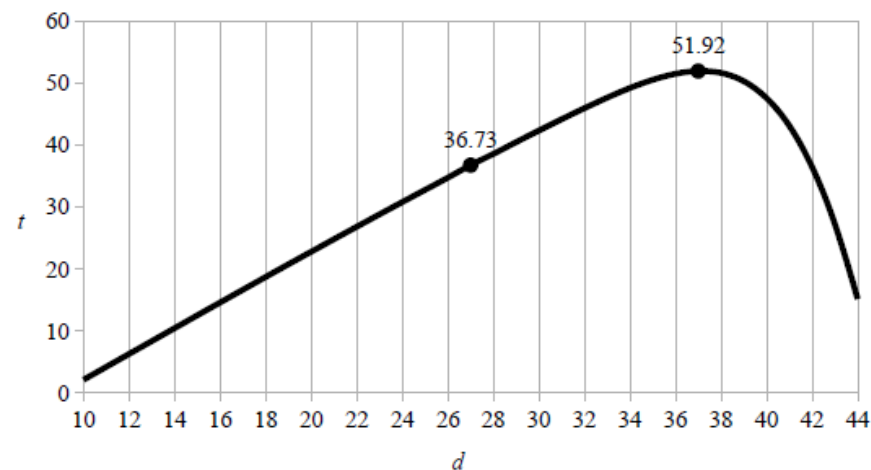
Эффективность работы распределенных систем во многом зависит от равномерной загруженности потоков, что обеспечивается за счет различных стратегий балансировки задач между ними. Одним из методов децентрализованной динамической стратегии балансировки, где каждый поток участвует в распределении задач, является «work-stealing». Принцип метода в том, что поток не имеющий задач перехватывает («steal») их у других потоков. В основе процесса лежит специальная структура данных, work-stealing дек, в котором находятся указатели на задачи. При работе с деками возникает проблема их эффективного расположения в памяти. В двухуровневой памяти дек можно расположить разделив его на концы и середину: в быстрой памяти (первый уровень) находятся вершина и основание дека; в медленной памяти (второй уровень) — середина. Таким образом, система может быстро обращаться к концам дека, где элементы активно добавляются и удаляются. В статье анализируется новый метод представления трех work-stealing деков в двухуровневой памяти, где концы деков находятся в отдельных участках памяти. Для него строится имитационная модель на основе метода Монте-Карло, с помощью которой исследуются задачи оптимального разделения памяти. В качестве критерия оптимальности используется максимальное среднее время работы системы до перераспределения памяти.

*Ключевые слова:* двухуровневая память, метод Монте-Карло, структуры данных, work-stealing дек.



## ДИНАМИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ

Предложен метод представления трех work-stealing деков в двухуровневой памяти, где концы деков находятся в отдельных участках памяти. Разработана имитационная модель на основе метода Монте-Карло, с помощью которой исследуются задачи оптимального разделения памяти. В качестве критерия оптимальности используется максимальное среднее время работы системы до перераспределения памяти.



Лаб. информационных компьютерных технологий, в.н.с., д.ф.-м.н. проф. А.В. Соколов,  
н.с., к.ф.-м.н. Е.А. Аксенова

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 519.7

<https://doi.org/10.26907/2541-7746.2025.2.311-328>**Пилотная модель сети научных журналов России:  
анализ на основе графа пересечений**

А.А. Печников

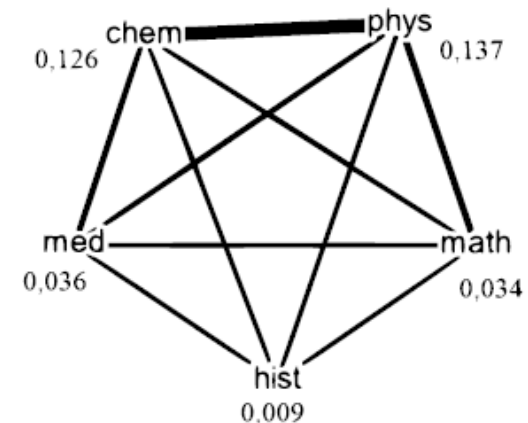
*Карельский научный центр Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия**pechnikov@krc.karelia.ru***Аннотация**

Научные журналы играют важную роль в научном сообществе, являясь определяющим инструментом развития науки и обмена знаниями. Отношения между журналами многогранны и имеют разную природу, в совокупности формируя связи в сложной сети журнальной коммуникации. Разработка адекватных математических моделей подобных объектов, обладающих способностями к самоорганизации, является серьезной проблемой, требующей всестороннего изучения. В работе предложен подход к анализу сети журналов, базирующийся на новом библиографическом графе отношений между журналами, когда связь между журналами определяется наличием общих авторов, то есть фактически на бинарной операции пересечения множеств авторов журналов. Это позволяет рассмотреть два уровня взаимодействия журналов, нижний из которых представляет собой отношения на множествах журналов, объединяемых в научные тематики, а верхний – отношения между тематиками, с использованием единых приемов и методов обработки исходных данных. Названный подход продемонстрирован на пилотном примере, построенном по данным eLIBRARY.RU, и позволяет получить ряд результатов, свидетельствующих о перспективности его использования и возможностях масштабирования.

**Ключевые слова:** научный журнал, научная сеть, библиометрический граф, граф пересечений, коэффициент Жаккара

# ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ НАУЧНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Предложен подход к анализу сети журналов с использованием библиометрического графа нового типа – графа журнальных пересечений, основанного на бинарной операции пересечения множеств. Подход позволяет выявлять сетевую структуру связей множества исследуемых журналов, учитывающую степень их взаимодействия, с возможностями выявления компонент связности и сообществ, интерпретируемых содержательно.



Лаб. математической кибернетики, в.н.с., д.т.н. А.А. Печников

Связывание системы Топонимия Карелии  
с другими топонимическими базами данных

А. А. Крижановский

Институт прикладных математических исследований  
Карельского научного центра РАН,  
г. Петрозаводск, Российская Федерация,  
andrew.krizhanovsky@gmail.com

АННОТАЦИЯ

**Введение.** В Институте языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН собирают картотеку топонимов Карелии и сопредельных областей с 1970 г. Собранная картотека содержит более 300 тыс. топонимов на русском, карельском и вепском языках. Более 20 лет идёт работа по переводу бумажной картотеки в электронный формат и добавлению новых материалов полевых исследований. Создана геоинформационная онлайн-система Топонимия Карелии (ТопКар). В связи с ростом числа топонимических ресурсов встаёт задача унификации данных и связывания их в единую сеть. Всё чаще в различных областях (библиотечное дело, биоинформатика) таким объединяющим звеном выступает платформа Викиданных. На примере 11 топонимических баз данных, включая ТопКар, показано их объединение в единую сеть. Проанализировано то, какими особенностями должны обладать топонимические базы для их включения в сеть связанных данных.

**Цель:** представить современные топонимические базы, выявить их особенности, обеспечивающие включение в существующую единую сеть связанных данных.

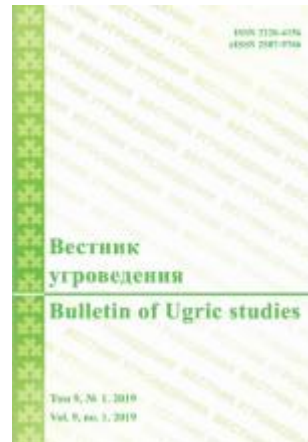
**Материалы исследования:** современные онлайн топонимические базы данных.

**Результаты и научная новизна.** Описан опыт разработки ресурса Топонимия Карелии с точки зрения интеграции с другими онлайн-ресурсами. Объяснены трудности и перечислены ключевые моменты, дающие возможность включать топонимические данные в сеть связанных данных. Представлен обзор современных топонимических баз данных всего мира (GeoNames, GNIS, GNS, TGN) и региональных (Топонимия Карелии, Composite Gazetteer of Antarctica, Топонимы норвежских полярных территорий, Järviviki, Топонимическая база данных Латвии, База нижнелужицких топонимов и Monasticon Hibernicum). Научная новизна заключается в том, что выявленные особенности этих ресурсов могут служить рекомендациями при разработке новых топонимических систем для успешного включения в сеть связанных данных.

**Ключевые слова:** топонимическая база данных, топонимия, Викиданные, связанные данные, SPARQL-запрос, GeoNames, GNIS, GNS, TGN

# СОВМЕСТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (ИЯЛИ КарНЦ РАН)

Исследованы современные топонимические онлайн-ресурсы с точки зрения включения их в единую сеть связанных данных. Сформулирован набор практических рекомендаций, которые могут быть использованы при разработке новых топонимических баз данных и модернизации существующих ресурсов. Начата работа по интеграции геоинформационной системы «Топонимия Карелии» (ТопКар) с внешними базами данных через механизм устойчивых внешних идентификаторов.



Лаб. информационных компьютерных технологий, в.н.с., к.т.н. А.А. Крижановский

НОВОСТИ

Категория: Сентябрь 2025

**Моделирование углеродного цикла деятельного слоя суши и Мирового океана в модели земной системы INM-CM6**

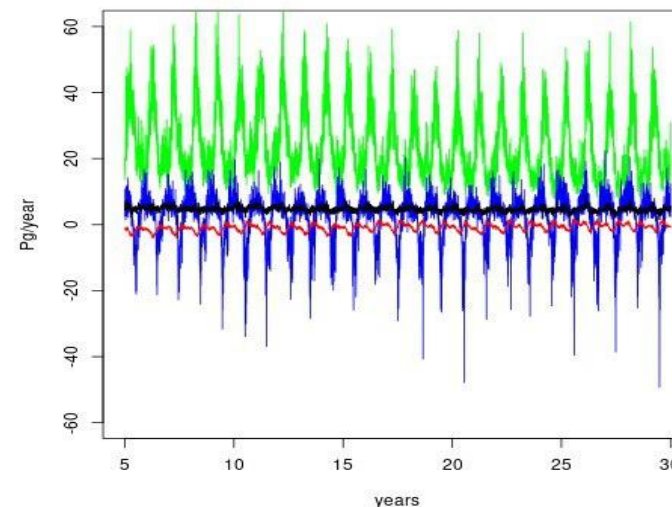
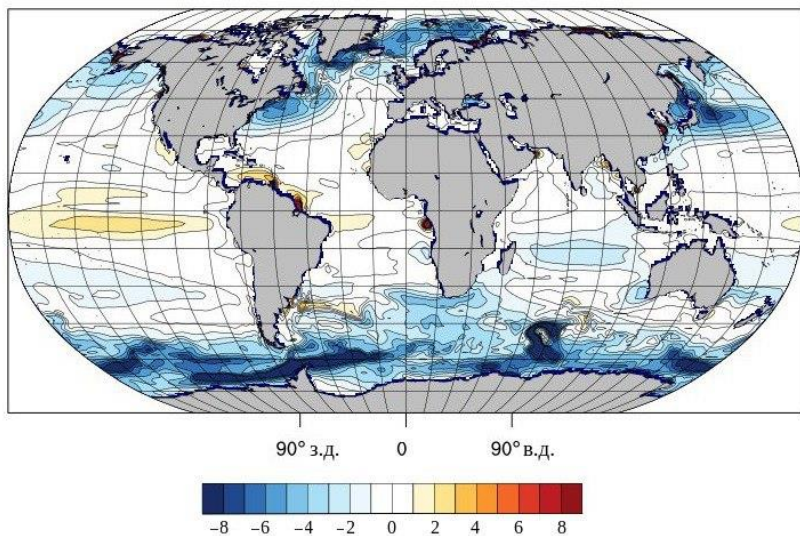
*А. Ю. Черников, И. А. Чернов, Д. В. Благодатских, Е. М. Володин,  
 А. С. Грицун, А. С. Иванова, В. А. Оноприенко, М. А. Тарасевич,  
 А. В. Толстиков, Н. Г. Яковлев*

Обсуждается прогресс, достигнутый при описании динамики углеродного цикла деятельного слоя суши и Мирового океана в модели земной системы ИВМ РАН INM-CM6. Для описания углеродного цикла на суше в модели использовано приближение трех резервуаров (пулов): растительного, почвенного и быстроразлагающегося антропогенного. Эти пулы взаимодействуют друг с другом и атмосферой через биогеохимические процессы. Современная версия модели также учитывает эффекты, связанные с землепользованием и сбором урожая. Углеродный цикл в океане описан на основе модели продукции (деструкции) вещества с учетом лимитирования соединениями азота и фосфора. С использованием предположения о квазиравновесии явно описывается перенос вещества вниз по столбу воды через гравитационное осаждение органических остатков. Воспроизводимая в экспериментах по моделированию современного климата динамика глобальных запасов углерода в наземных и океанических экосистемах соответствует данным наблюдений, а также результатам других моделей из ансамбля CMIP6.

1. Вышел новый выпуск журнала:  
 № 10 (Октябрь) 2025  
 В разделе [Содержание номеров](#) обновлены сведения о предыдущих выпусках журнала
2. 90 лет Георгию Сергеевичу Голицыну  
[Подробнее](#)
3. **Внимание!** Обращение к авторам. [Подробнее](#)

# СОВМЕСТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (ИВМ РАН им. Г.А. Марчука, ИВПС КарНЦ РАН)

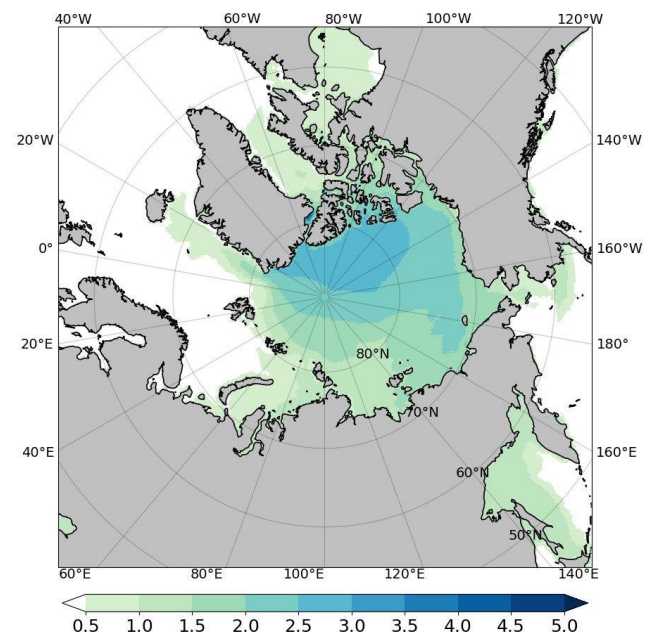
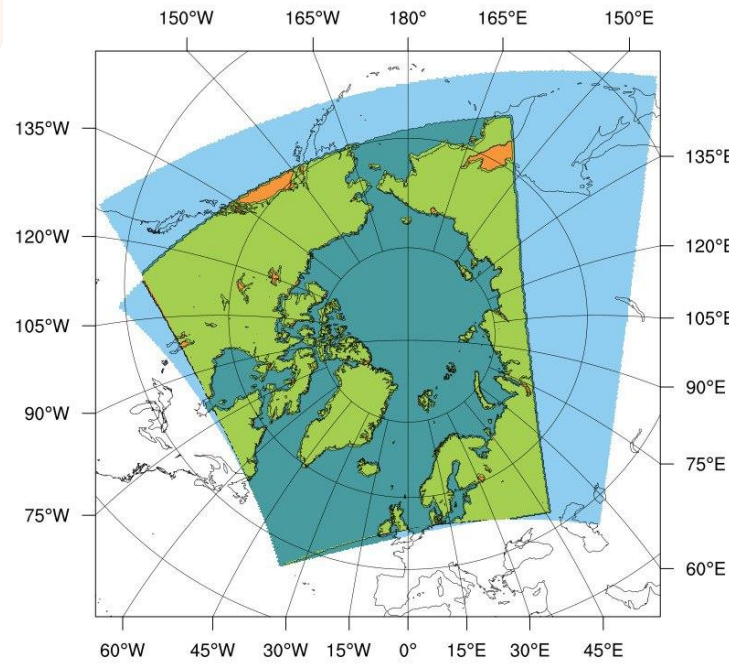
Исследовалась задача моделирования динамики углеродного цикла деятельного слоя суши и Мирового океана в модели Земной системы ИВМ РАН INM-CM6. Для описания углеродного цикла на суше используется приближение трёх резервуаров (пулов): растительного, почвенного и быстроразлагающегося антропогенного. Модель также учитывает эффекты, связанные с землепользованием и сбором урожая.



# СОВМЕСТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (ГГО им. А.И. Воейкова)

Разработана объединенная региональная модель атмосферы и океана. Область расчетов включает Северный Ледовитый океан, периферийные моря Евразии и Северной Америки и регионы суши до 50° с.ш. Созданная модель ориентирована на получение прогнозных оценок состояния атмосферы и океана на временных масштабах от нескольких недель до столетия.

- Категория: Сентябрь 2025
- Многоцелевая система моделирования и спутникового прогнозирования регионального климата для Арктического макрорегиона (МСМПК-А)**  
*И. М. Школьник, И. А. Чернов, А. А. Пикалева, П. В. Спорышев, А. В. Козлов, Н. Г. Яковлев*
- Приведено описание объединенной региональной модели атмосферы и океана. Область расчетов включает Северный Ледовитый океан, периферийные моря Евразии и Северной Америки и регионы суши до 50° с. ш. Океанский и атмосферный блоки модели независимы и обмениваются данными по установленному протоколу через разработанную систему интерактивного обмена информацией (коммуникатор). Созданная модель ориентирована на получение прогнозных оценок состояния атмосферы и океана на временных масштабах от нескольких недель до столетия. Для задания начальных и граничных условий в области расчетов используются данные реанализов. Проведен анализ результатов расчетов регионального климата за период 1993—2012 гг., показано, что созданная модель в целом воспроизводит наблюдаемое состояние климатической системы Арктики, однако значительные неопределенности в данных региональных наблюдений затрудняют получение независимых оценок качества модельных расчетов.
1. Вышел новый выпуск журнала:  
 № 10 (Октябрь) 2025
- В разделе [Содержание номеров](#) обновлены сведения о предыдущих выпусках журнала
2. 90 лет Георгию Сергеевичу Голицыну  
[Подробнее](#)
3. **Внимание!** Обращение к авторам. [Подробнее](#)



## Evaluating quantum-classical heuristics for traveling salesman problem

Mariia A. Makarova<sup>1,2</sup>, Sergey V. Fedorov<sup>1</sup>, Anna V. Titova<sup>1</sup>,  
Alexander A. Khomich<sup>1</sup>, Alexander S. Rumyantsev<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Petrozavodsk State University, 33 Lenina Pr, Petrozavodsk, 185910, Russian Federation

<sup>2</sup> Institute of Applied Mathematical Research of the KarRC RAS, 11 Pushkinskaya St, Petrozavodsk, 185910, Russian Federation

(received: February 18, 2025; revised: March 1, 2025; accepted: March 10, 2025)

**Abstract.** In this paper, we develop and evaluate a hybrid quantum-classical heuristic approach to solving the Traveling Salesman Problem. This approach uses exhaustive enumeration of the starting paths and optimizes the remainder of the route using quantum computing. For quantum co-processing, we use either the Variational Quantum Eigensolver or the Quantum Annealing. Results of evaluation of the approach on several datasets including TSPLIB and touristic data for Petrozavodsk and Karelia Republic, both in simulation and in hardware, are presented. Issues of practical applicability are also discussed.

**Key words and phrases:** hybrid quantum-classical heuristics, traveling salesman problem, variational quantum eigensolver, quantum annealing

**For citation:** Makarova, M. A., Fedorov, S. V., Titova, A. V., Khomich, A. A., Rumyantsev, A. S. Evaluating quantum-classical heuristics for traveling salesman problem. *Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science* 33 (2), 199–213. doi: 10.22363/2658-4670-2025-33-2-199-213. edn: BOMUBB (2025).

# СОВМЕСТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (ПетрГУ)

Исследована эффективность гибридных квантово-классических подходов к решению задачи коммивояжера в режиме эмуляции на классических вычислительных системах, а также на облачной квантовой системе. Для экспериментов в режиме эмуляции использовался вычислительный кластер КарНЦ РАН. Для решения задачи применены подходы на основе представления в формате квадратичной бинарной безусловной оптимизации (QUBO), решение строилось на основе квантового отжига и на основе вариационного решателя VQE.

Makarova, M. A. et al. Evaluating quantum-classical heuristics for traveling salesman problem

207



Figure 1. Solutions for the TSP on the Petrozavodsk dataset by the two heuristic approaches with  $n_q = 4$ , dotted line: VQE (tour length 8985 steps), solid line: QA (9155 steps)

208 Modeling and Simulation DCM:ACS, 2025, 33 (2), 199–213



Figure 2. Solutions for the TSP on the Burma14 dataset by the two heuristic approaches, dotted line: VQE ( $n_q = 4$ , tour length 3499 km), solid line: QA ( $n_q = 8$ , 3795 km)

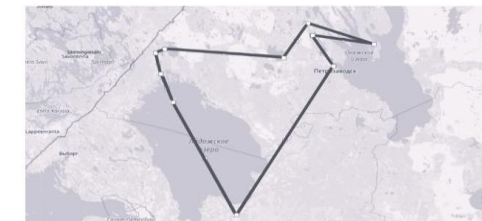
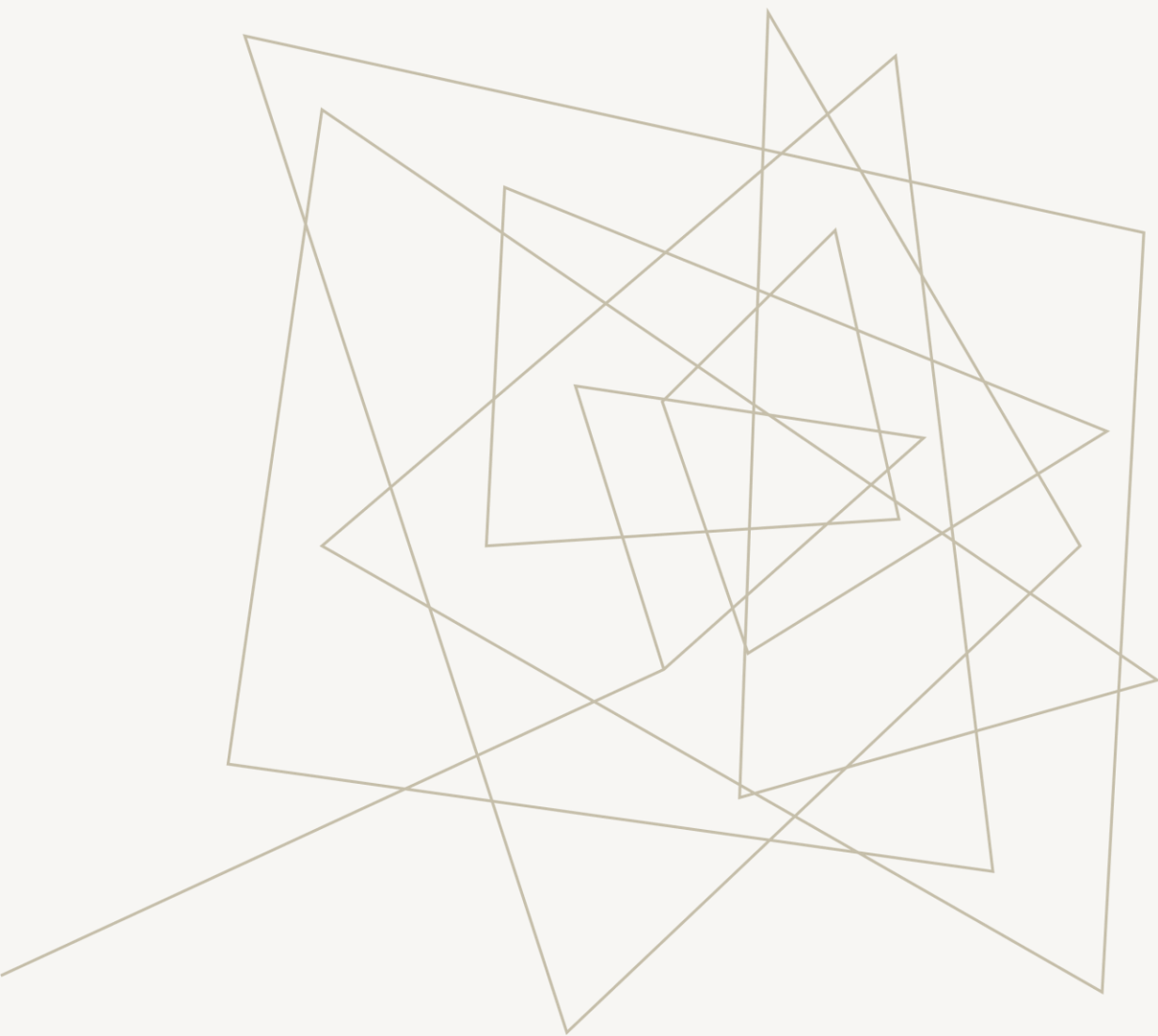


Figure 3. Solutions for the TSP on the Karelia dataset (10 POI) by the QA approach with  $n_q = 4$ , tour length 1676 km

Лаб. стохастического моделирования информационно-вычислительных и телекоммуникационных систем, в.н.с., д.ф.-м.н. А. С. Румянцев; м.н.с. М.А. Макарова

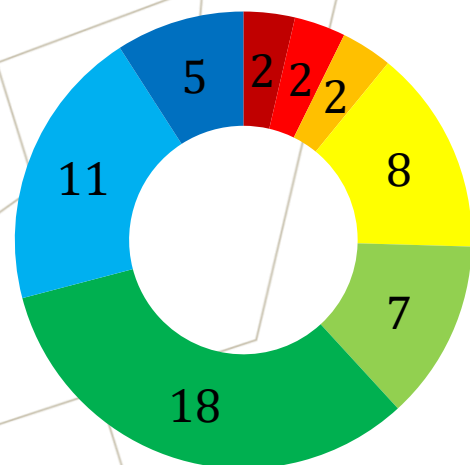




Количественные  
показатели  
результативности  
научной  
деятельности

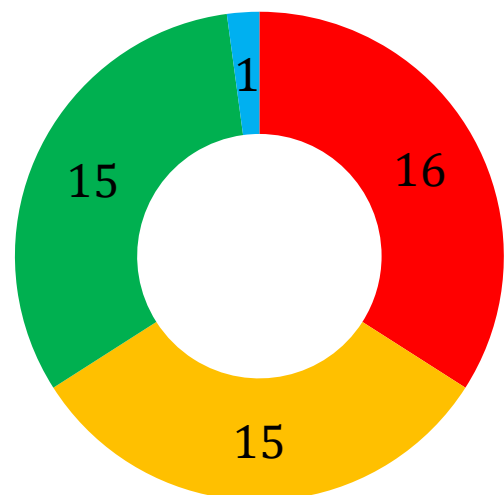
# ПУБЛИКАЦИИ

Распределение публикаций по квартилям КБПР



- Q1
- Q2
- Q3
- Q4
- Q0
- S
- R
- V

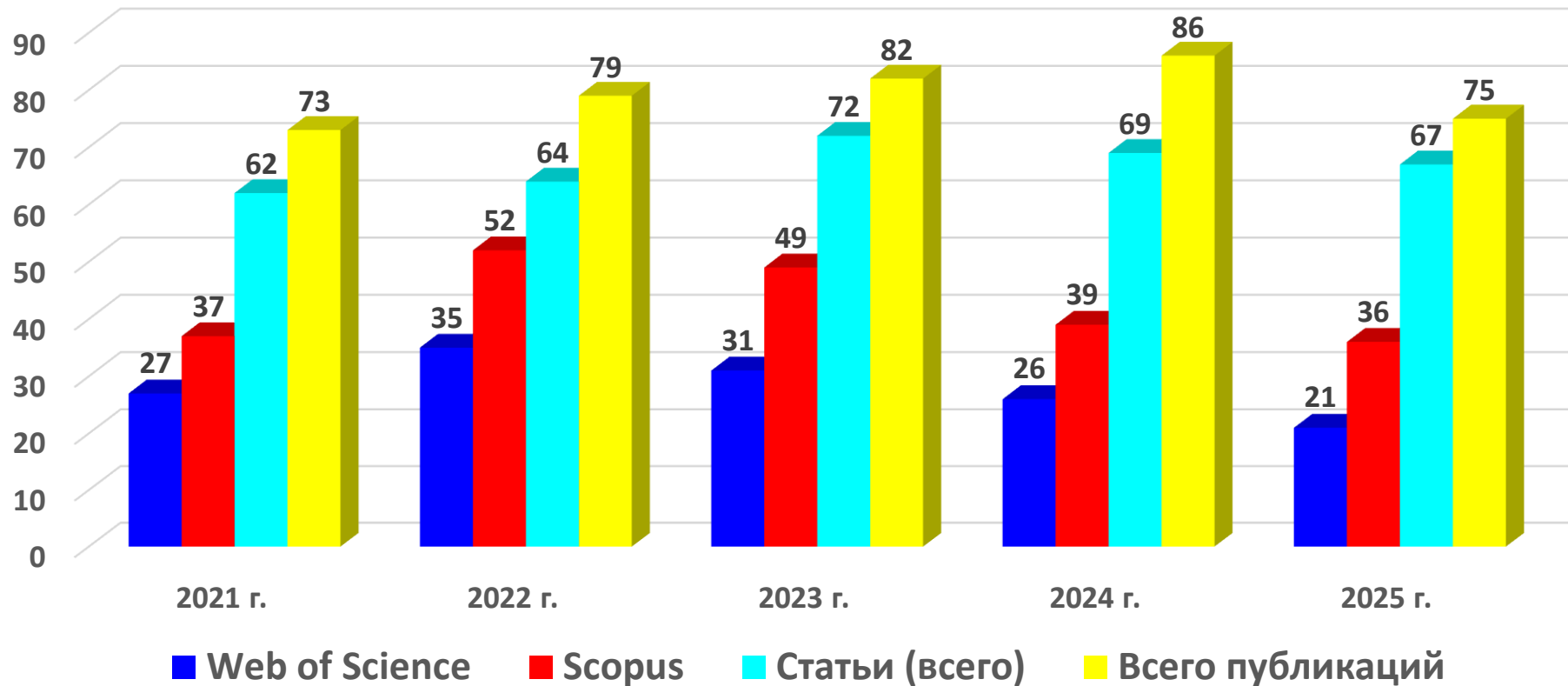
Распределение публикаций по уровням Белого списка



- УБС1
- УБС2
- УБС3
- УБС4

	Вид издания	Кол-во
1	Монографии	
2	Разделы и главы в монографиях, изданных сторонними организациями с участием ученых КарНЦ РАН	
3	Учебные и учебно-методические пособия	
4	Статьи в журналах, индексируемых в российских и международных информационно-аналитических системах научного цитирования WoS, Scopus, РИНЦ (всего), в т.ч.:	57
4.1	Web of science, в т.ч.:	21
4.1.1	Q1 и Q2	4
4.2	Scopus	36
4.3	РИНЦ, в т.ч.:	44
4.3.1	ядро РИНЦ	42
4.4	Белый список	47
4.5	ВАК	25
5	Статьи в журналах, НЕ индексируемых в WoS, Scopus, РИНЦ	1
6	Статьи в сборниках, в т.ч.:	9
6.1	материалы конференций	9
7	Тезисы научных докладов конференций, симпозиумов и пр., в т.ч.:	8
7.1	международных	6
7.2	российских	2
8	Научно-популярные статьи	
9	Рекомендации и методические указания	
	<b>ВСЕГО:</b>	<b>75</b>

# ПУБЛИКАЦИИ

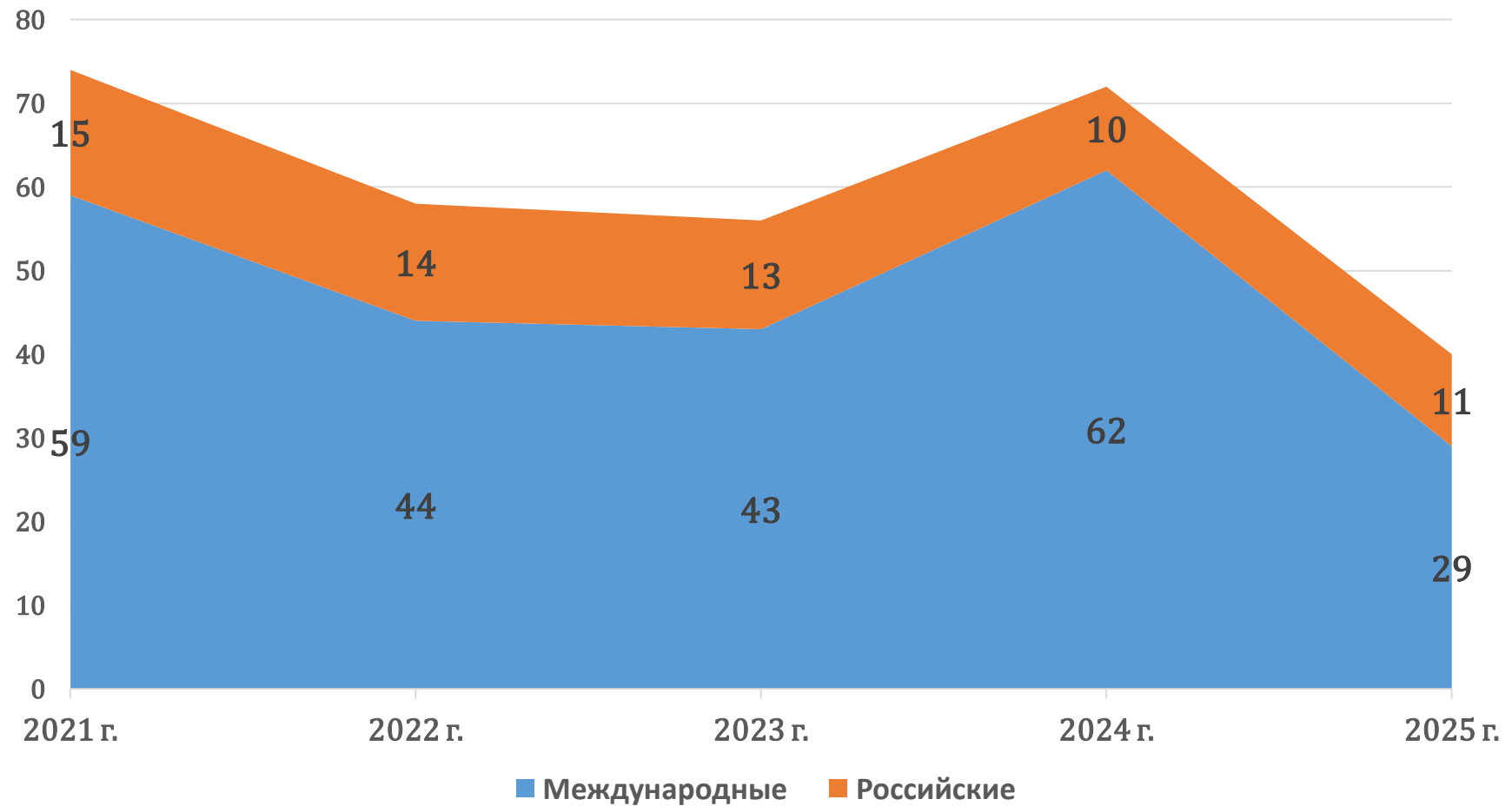


в базах WoS и Scopus – 37 публикаций; на одного научного сотрудника – 1,23 публикация

в базе WoS – 21 публикация; на одного научного сотрудника – 0,7 публикаций

всего на 1 научного сотрудника – 2,5 публикации.

# ДОКЛАДЫ НА КОНФЕРЕНЦИЯХ



# ДОКЛАДЫ НА КОНФЕРЕНЦИЯХ

XVIII международная конференция  
«Теория игр и менеджмент» (GTM2025),  
г. Санкт-Петербург, 2-4 июля 2025



28 Международная конференция «Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: Управление, вычисление, связь» (DCCN-2025), г. Москва, 22-26 сентября 2025



# ДОКЛАДЫ НА КОНФЕРЕНЦИЯХ



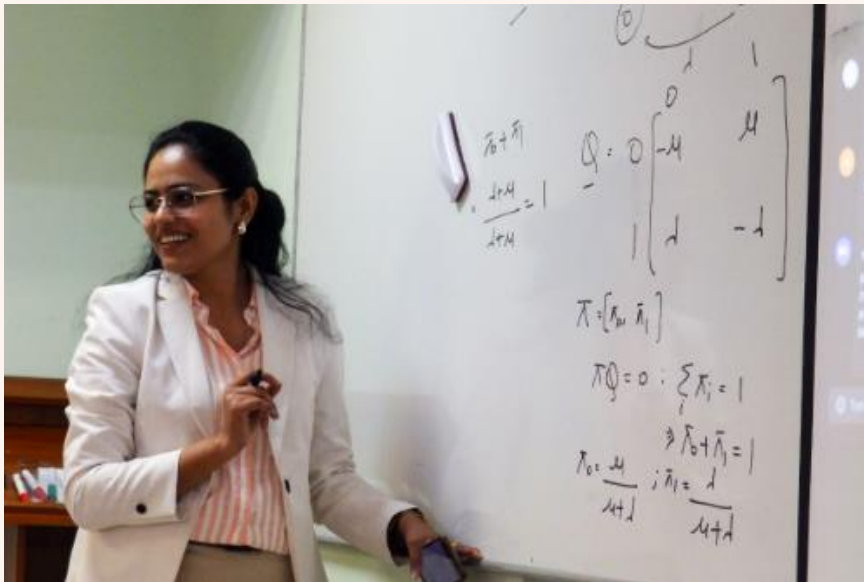
XXIV международная конференция  
«Теория математической оптимизации и  
исследование операций» (MOTOR 2025),  
г. Новосибирск, 7 - 11 июля 2025

18-я Международная школа Национального  
центра физики и математики для молодых  
ученых и специалистов им. А. А. Курдюмова  
«Взаимодействие изотопов водорода с  
конструкционными материалами» (IHISM'25),  
г. Саров, 30 июня - 4 июля 2025



# НАУЧНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Международный цикл лекций Stochastic Modeling for Communication Systems (в рамках мероприятий семинара SMARTY), г. Петрозаводск, 2-10 июня 2025 г.



# НАУЧНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Всероссийская молодежная школа SMARTY Youth Camp 2025, г. Петрозаводск, 25-29 августа 2025 г.

Stochastic Modeling and Applied Research of Technology Youth Camp: SMARTY Youth Camp 2025

August 25-29, 2025, Karelian Research Center of RAS, Petrozavodsk



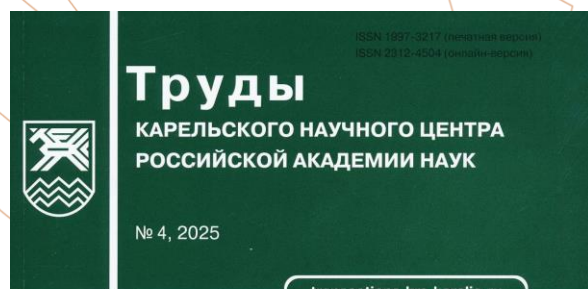
# ОБЪЕКТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ



# ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Изданы 4 выпуска журнала  
«Математическая теория игр  
и её приложения».

Журнал включен в Список журналов,  
вошедших в Russian Science Citation Index  
(RSCI) на базе Web of Science. Имеет  
второй уровень в Белом списке.



Изданы Труды Карельского научного  
центра РАН, № 4, 2025. Серия  
«Математическое моделирование и  
информационные технологии».

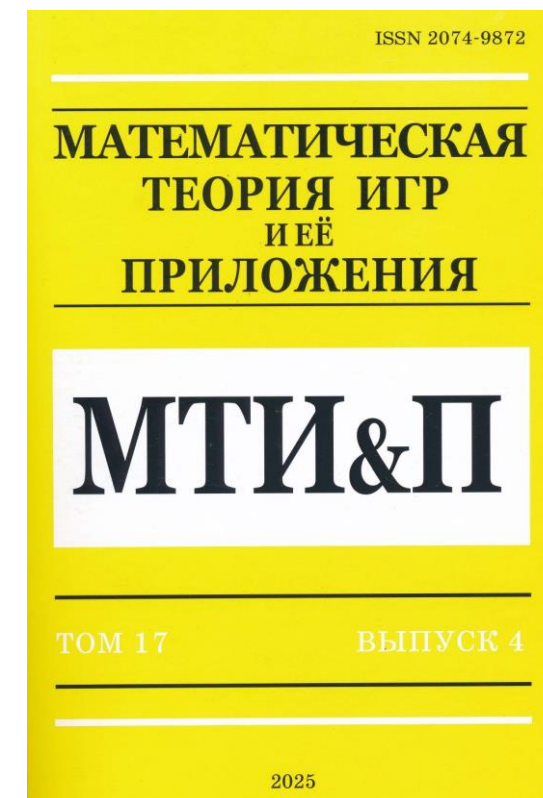
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СОДЕРЖАНИЕ

Оригинальные статьи

К. В. Грузова. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДОРОДOPPONИЦАЕМОСТИ СПЛАВОВ ДЛЯ МЕМБРАННОГО ГАЗОРАЗДЕЛЕНИЯ .....	5
А. А. Ивашко. СТРАТЕГИИ ОПТИМАЛЬНОЙ ОСТАНОВКИ В ИГРЕ НА РАЗО- РЕНИЕ С ЗАТРАТАМИ НА КАЖДОМ ШАГЕ .....	17
А. А. Крижановский. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РАДИУСА КЛАСТЕРИЗАЦИИ НА КАРТАХ КАТАСТРОФ .....	24
О. В. Лукашенко, С. Н. Астафьев, В. А. Иголкин, А. С. Румянцева. АСИМПТОТИ- ЧЕСКИЙ И ДОПРЕДЕЛЬНЫЙ РЕЖИМЫ МОДЕЛИ ГЕТЕРОГЕННОЙ ВЫ- ЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ .....	34
Ю. Л. Павлов. О ЛОКАЛЬНОМ КЛАСТЕРНОМ КОЭФФИЦИЕНТЕ КОНФИГУРА- ЦИОННОГО ГРАФА .....	44
Ю. Л. Павлов. О СТРУКТУРЕ УСЛОВНЫХ КОНФИГУРАЦИОННЫХ ГРАФОВ С ОГРАНИЧЕННЫМ ЧИСЛОМ РЕБЕР .....	54
А. М. Сазонов. ДИНАМИКА ОПТИМАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ДВУХВИДОВОГО БИОСОБЩЕСТВА С ДВУМЯ УЧАСТКАМИ ОБИТАНИЯ С УЧЕТОМ ВНУ- ТРИВИДОВОЙ КОНКУРЕНЦИИ И МИГРАЦИИ .....	60

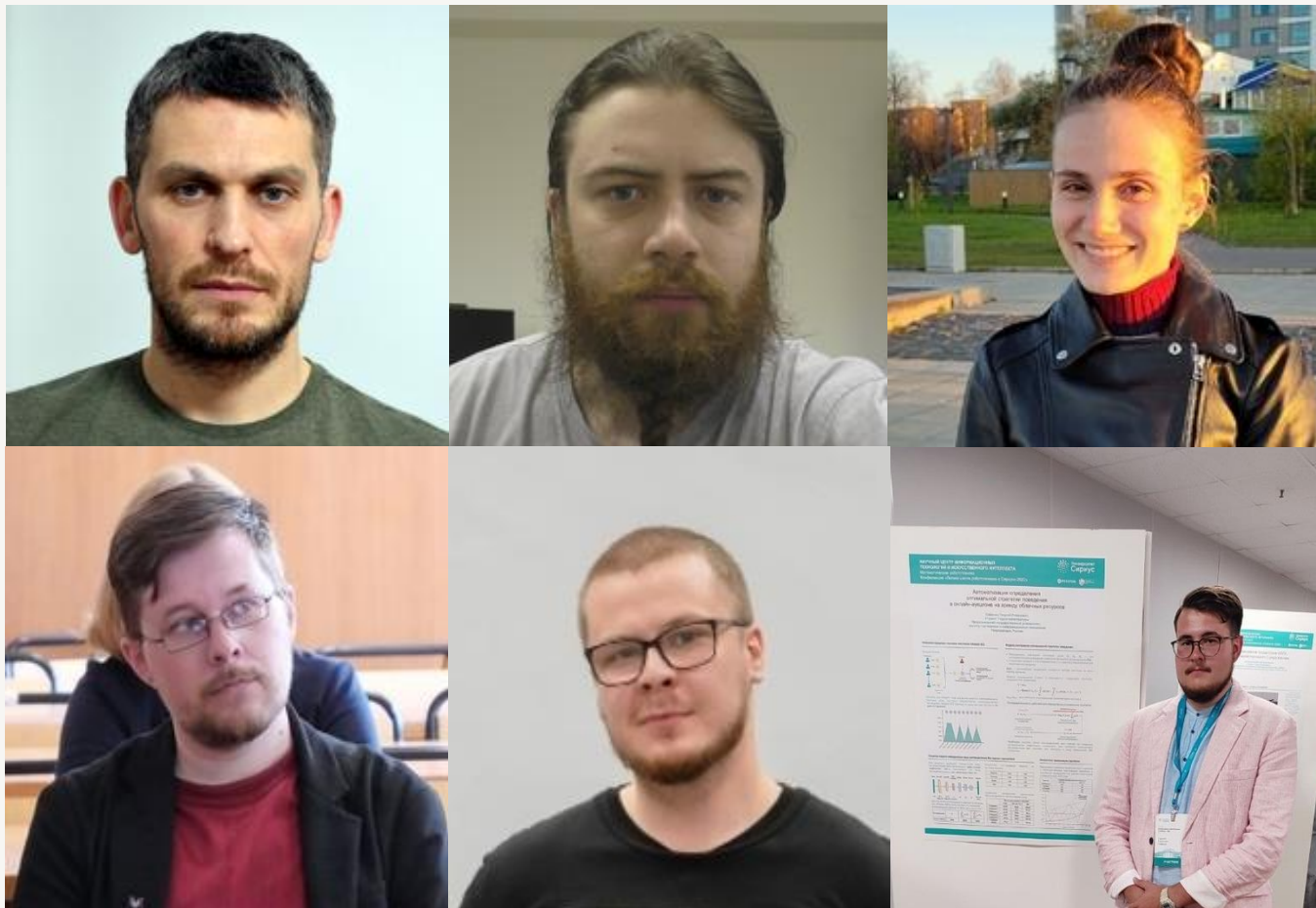
Издан специальный выпуск журнала  
«Reliability: Theory and Applications»  
по итогам международного семинара SMARTY2024



# АСПИРАНТУРА

Всего в аспирантуре обучалось 11 человек, из которых

- 3 человек закончили аспирантуру (Астафьев С.Н., Головин А.С., Макарова М.А.)
- 1 человек поступил в аспирантуру (Новиков Е.В.)



# СВЯЗИ С ВУЗАМИ



## Лекции:

- ПетрГУ – 31 курс лекций
- СПбГУ – 2 курса лекций

## Защиты:

- 12 курсовых работ
- 5 квалификационных работ бакалавров
- 5 магистерских диссертаций

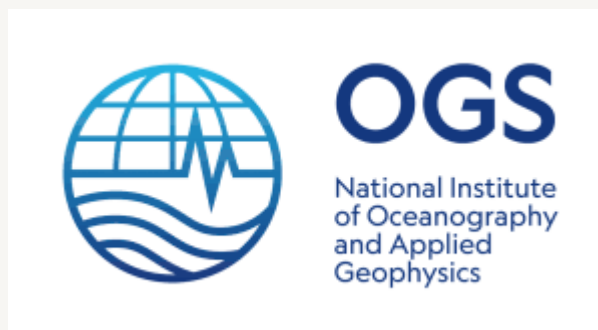
5 сотрудников ИПМИ – члены диссертационного совета в ПетрГУ

1 сотрудник ИПМИ – член диссертационного совета на базе Южно-Уральского государственного университета

3 сотрудника ИПМИ – председатели ГЭК

# МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ

Партнеры института:



# ВЫСТУПЛЕНИЯ В СРЕДСТВАХ МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

## ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ЧИСЛАМИ: КАК МАТЕМАТИКА ВЛИЯЕТ НА ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ? ИНТЕРВЬЮ С ЕКАТЕРИНОЙ КОСТИКОВОЙ ИЗ КАРНЦ РАН

24.04.2025 14:00

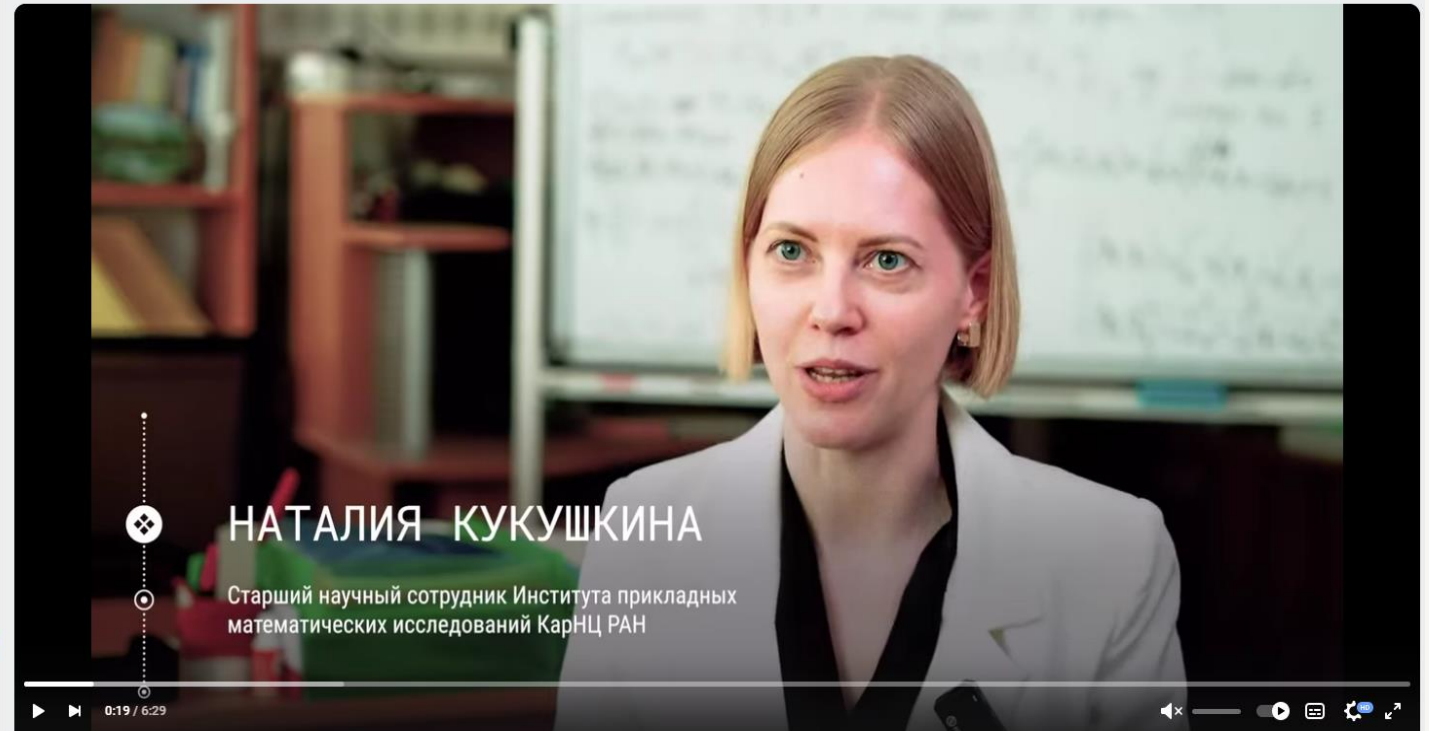
4362 Добавить в закладки



Работа математиков помогает специалистам в области водородного материаловедения моделировать различные ситуации и условия эксплуатации материалов. Такие исследования сокращают расходы на проведение натурных испытаний и приводят к совершенствованию математического аппарата и развитию новых технологий. Небольшая группа ученых из Республики Карелия сосредоточила свои усилия на том, чтобы с помощью математики совершенствовать разработки, связанные с водородной энергетикой. Подробнее об этом

нам рассказала старший научный сотрудник Карельского научного центра РАН Екатерина Константиновна Костикова.

*Справка: Екатерина Константиновна Костикова — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории моделирования природно-технических систем Института прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН,*



НАУЧНЫЙ МЕТОД // Наталия Кукушкина

# РАБОТА СО ШКОЛЬНИКАМИ

В рамках недели науки сотрудники ИПМИ КарНЦ РАН А.С. Иванова и И.А. Чернов провели встречи с учащимися лицея № 13.



# НАГРАДЫ И ДОСТИЖЕНИЯ

- Ю.Л. Павлову присвоено почетное звание «Почетный работник науки и высоких технологий РФ»
- А.Н. Реттиева награждена Почетной грамотой Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
- Ю.В. Чиркова и Е.К. Костикова награждены Почетной грамотой Российской академии наук
- Проект «Применение методов прикладной теории вероятностей в области квантовых систем и сетей» (А.С. Румянцев, М.А. Макарова) признан победителем в номинации «Лучшее прикладное решение» по итогам квантового акселератора Росатома



# ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

- Привлечение внебюджетного финансирования
- Уменьшение доли молодых ученых от общей численности сотрудников института
- Отсутствие в г. Петрозаводске действующего диссертационного совета по защите диссертаций на соискание степени доктора/кандидата физико-математических наук

A decorative graphic in the top-left corner consisting of several thin, light-brown lines that intersect to form various geometric shapes, including triangles and polygons, creating a complex, abstract pattern.

# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

ИПМИ КарНЦ РАН

[math@krc.karelia.ru](mailto:math@krc.karelia.ru)

<http://mathem.krc.karelia.ru>