

К 70-летию Карельского научного центра РАН

ОБ ИСТОРИИ ИНСТИТУТА ПРИКЛАДНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Предтечей Института прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН (далее – ИПМИ) был созданный в 1957 г. Отдел энергетики, позднее получивший название Отдел энергетики и автоматизации. В этом отделе проводились работы, связанные с автоматизацией программирования, причем коллектив Отдела был одним из первых в СССР, осуществлявших такие исследования.

Самым заметным результатом этого направления был созданный транслятор языка Суб-Алгол для появившейся в 1961 г. ЭВМ «Минск-1». Этот транслятор был внедрен во многих организациях СССР. Основателем и руководителем работ был Н. Г. Зайцев. К сожалению, в 1963 г. Карельский филиал АН СССР (КФ АН СССР) был расформирован, а Институт леса, в состав которого входил Отдел энергетики и автоматизации, объединился с Карельским научно-исследовательским институтом лесной промышленности. Н. Г. Зайцев в 1964 г. переехал в Киев и стал сотрудником знаменитого Института кибернетики АН УССР, а впоследствии доктором технических наук, профессором и заведующим отделом.

После воссоздания в 1967 г. КФ АН СССР, в 1969 г. появилась лаборатория математических методов и вычислительной техники, которую сначала возглавлял В. Л. Файнберг, а в 1971 г. заведующим стал к. т. н. Г. А. Борисов.

С его приходом сформировались два основных направления работы. Первое направление, которым руководил Г. А. Борисов, составляли исследование методов и разработка систем автоматизированного проектирования коммуникационных сетей. Были созданы теоретические основы автоматизированного проектирования лесовозных дорог и лесомелиоративных каналов. При проектировании таких объектов впервые были построены оптимизационные модели на основе методов динамического программирования. Проведены исследования методов многопараметрической опти-

мизации систем автоматизированного проектирования и созданы система проектирования объектов лесоосушения (руководители – Г. В. Воинова (1974–1976 гг.), Т. П. Тихомирова (1977–1984 гг.), система проектирования лесотранспортных сетей (рук. С. П. Андреева) и система проектирования автомобильных дорог (рук. Р. А. Сюкияйнен). Их авторы награждены медалями ВДНХ, сами системы, по рекомендации Министерства лесной промышленности СССР, внедрялись и широко использовались в проектных организациях страны.

Второе направление было вызвано потребностями всех институтов КФ АН СССР в обработке имеющейся информации методами математической статистики. Такие исследования состояли главным образом в создании и практическом использовании систем программ статистической обработки данных. Необходимость в программных средствах статистического анализа была вызвана еще и тем, что для появившейся в 1972 г. ЭВМ «Минск-32» практически не было такого программного обеспечения. Созданные в кратчайшие сроки статистические системы успешно работали не только в КФ АН СССР, но и внедрялись во многих организациях СССР. Руководителем этого направления был Ю. С. Раутиайнен.

В 1974 г. был создан вычислительный центр в Антарктиде, на советской станции Молодежная. Первым начальником вычислительного центра был назначен сотрудник нашего Отдела Ю. С. Раутиайнен.

В первой половине 70-х годов была проведена большая работа по созданию самостоятельного научного подразделения математического профиля в КФ АН СССР. Сорок лет назад, в январе 1975 г. был организован Отдел математических методов автоматизации научных исследований и проектирования (ОММА-НИИ) под руководством к. т. н. Г. А. Борисова, ученый секретарь Г. В. Воинова. Решающую роль в создании отдела сыграли Президент АН СССР, академик М. В. Келдыш, Председатель Президиума КФ АН СССР, член-

корреспондент АН СССР Н. И. Пьявченко и выдающийся математик, член Президиума КФ АН СССР, член-корреспондент АН СССР В. Я. Козлов. ОММАНИП состоял из четырех лабораторий:

- научных основ автоматизации проектирования (НОАП, руководитель к. т. н. Г. А. Борисов);
- автоматизации научных исследований (АНИ, зав. лаб. к. т. н. А. Д. Сорокин);
- вычислительной техники (ВТ, зав. лаб. к. т. н. Г. Н. Пырх);
- математического обеспечения ЭВМ (МО ЭВМ, зав. лаб. В. В. Аксенов).

В том же 1975 г. была создана и пятая лаборатория автоматизированных информационных систем (зав. лаб. к. э. н. В. А. Лебедев).

Во второй половине 70-х и в начале 80-х годов продолжалось развитие работ по названным ранее двум направлениям, но появились и новые. Среди них центральное место заняло создание автоматизированной системы научных исследований (АСНИ) Карельского филиала АН СССР. Эти работы проводились под руководством к. т. н. А. Д. Сорокина. В состав системы входил ряд подсистем автоматизации экспериментов для различных институтов КФ АН СССР. Для этого использовалась разнообразная вычислительная техника, в том числе мощная ЭВМ ЕС 1052, заменившая в 1982 г. «Минск-32». Одним из важнейших результатов стала разработанная и утвержденная в 1982 г. Комплексная программа работ по автоматизации научных исследований в КФ АН СССР в 1981–1985 гг. и на период до 1990 г. В рамках этой программы создавались различные подсистемы АСНИ. В частности, была реализована идея Г. А. Борисова о том, что АСНИ должна быть ориентирована на достижение целей любого научного исследования – получение новых знаний о законах природы и общества. Для этого на основе теории эмпирического предсказания была создана подсистема обнаружения эмпирических зависимостей. Кроме того, была создана автоматизированная информационная система для научных исследований, работающая с реляционными базами данных и повышающая уровень математического моделирования изучаемых объектов как в КФ АН СССР, так и в других организациях.

Развивалась теория супералгебр Ли – математического аппарата современной теоретической физики (к. ф.-м. н. Д. А. Лейтес).

В середине 80-х годов тематика исследований расширялась. В соответствии с этим в 1986 г. произошли изменения структуры Отде-

ла. На базе лабораторий автоматизированных информационных систем и математического обеспечения была создана лаборатория программных средств автоматизации (зав. лаб. к. ф.-м. н. В. Т. Вдовицын). Из лаборатории автоматизации научных исследований выделилась лаборатория математического моделирования (зав. лаб. к. ф.-м. н. Ю. Л. Павлов), а оставшаяся часть объединилась с лабораторией вычислительной техники, и, таким образом, возникла лаборатория микропроцессорных систем (рук. к. т. н. А. Д. Сорокин). Позднее, в 1989 г., возникла лаборатория геоинформатики (зав. лаб. к. э. н. В. А. Лебедев).

Первый персональный компьютер появился в 1986 г. Это позволило постепенно перейти к исследованиям, техническое и программное обеспечение которых соответствует мировому уровню.

В 80-х годах сформировалось направление, связанное с разработкой и использованием вероятностных методов дискретной математики. В частности, задачи, возникшие в ходе создания систем автоматизированного проектирования дорог и каналов, привели к необходимости создания теории случайных лесов, что и было впоследствии сделано (докторская диссертация Ю. Л. Павлова, 1996 г.)

В конце 80-х годов начали проводиться исследования, направленные на создание экспертных систем (к. ф.-м. н. В. Т. Вдовицын), на решение задач энергетики (к. т. н. Г. А. Борисов), а также на создание вычислительной сети Карельского научного центра (так в 1990 г. стал называться КФ АН СССР) под руководством к. т. н. А. Д. Сорокина.

В 1992 г. Отдел ММАНИП переименован в Отдел математики и анализа данных (ОМАД), который возглавил к. т. н. А. Д. Сорокин, занимавший до этого пост заместителя Председателя Президиума Карельского научного центра (КарНЦ РАН). В этом же, 1992 г., в связи с событиями, возникшими в период распада СССР, в ОМАД из Украины вернулся профессор Н. Г. Зайцев, энергично занявшийся разработкой программы информатизации Республики Карелия.

В эти же годы математические исследования расширились за счет развития алгебраической теории правоупорядочиваемых групп, которая в 1998 г. была изложена в докторской диссертации В. М. Тарарина.

В 1999 г. ОМАД преобразован в Институт прикладных математических исследований (ИПМИ). Решающее значение в создании института имела поддержка вице-президента РАН, академика А. А. Гончара,

академика-секретаря Отделения математики РАН Л. Д. Фаддеева, его заместителя, академика А. Б. Жижченко и, конечно, Председателя КарНЦ РАН, член-корреспондента РАН А. Ф. Титова. Директором ИПМИ избран д. ф.-м. н., профессор В. В. Мазалов, его заместителем по научной работе стал к. т. н. А. Д. Сорокин, по финансовым и кадровым вопросам – Г. В. Войнова, ученым секретарем – к. т. н. Т. П. Тихомирова (с 2002 г.). В состав нового Института вошли пять лабораторий:

– математической кибернетики (рук. д. ф.-м. н. В. В. Мазалов);

– теории вероятностей и компьютерной статистики (зав. д. ф.-м. н. Ю. Л. Павлов);

– моделирования природно-технических систем (зав. к. т. н. Г. А. Борисов);

– телекоммуникационных систем (рук. к. т. н. А. Д. Сорокин);

– информационных компьютерных технологий (зав. к. ф.-м. н. В. Т. Вдовицын).

В. В. Мазалову постепенно удалось привлечь в ИПМИ ряд специалистов высшей квалификации, в их числе д. ф.-м. н. профессор Ю. В. Заика (с 1999 г. возглавивший лабораторию моделирования природно-технических систем), д. ф.-м. н. профессор Е. В. Морозов, А. В. Соколов (с 2007 г. – д. ф.-м. н., с 2009 г. профессор), А. А. Печников (с 2007 г. – д. т. н., с 2014 г. – и. о. зав. лаб. телекоммуникационных систем), д. ф.-м. н. А. Н. Кириллов. Тематика проводимых работ существенно расширилась, заметно повысились качество и результативность исследований. Далее приводится перечень (далеко не полный) важнейших результатов ИПМИ за 15 лет существования института.

В лаборатории математической кибернетики под руководством профессора В. В. Мазалова получила развитие математическая теория игр. Разработан новый подход к нахождению решений многокритериальных задач наилучшего выбора в условиях неопределенности. Построены теоретико-игровые модели эколого-экономических систем и найдены эволюционно-устойчивые стратегии в задачах этологии с учетом миграции, конкуренции за ресурсы, фуражирования, выбора партнера (1999–2006 гг.). Создан комплекс моделей оптимального управления биоресурсами на основе выделения охранных территорий (2005–2013 гг.). Предложены новые схемы переговоров (2004–2012 гг.). Разработан теоретико-игровой подход к исследованию моделей коммуникационных сетей, связанных с рынком транспортных перевозок (2014 г.).

Профессор Е. В. Морозов вместе со своими учениками занимался развитием регенеративного метода моделирования сетей обслуживания и коммуникационных сетей. Найдены условия, при которых слабая регенерация позволяет существенно эффективнее оценивать характеристики сетей обслуживания, чем классическая регенерация (2002 г.). Исследовались свойства телекоммуникационных сетей различных типов (2008–2009 гг.). Проводился анализ сетевого трафика (2010–2012 гг.). Методы высокопроизводительных вычислений использовались при вероятностном анализе коммуникационных сетей, и найдены условия устойчивости регенеративных сетей обслуживания (2011–2014 гг.).

В лаборатории теории вероятностей и компьютерной статистики в 1999–2005 гг. проводились исследования случайных комбинаторных структур. Получен ряд новых результатов о случайных лесах, подстановках и отображениях. В 2012–2015 гг. эти исследования были продолжены для структур, имеющих различные ограничения на число элементов. Развивались методы математической и прикладной статистики, в частности, выявлены условия возникновения эффекта вздувания коэффициента детерминации (эффект А. Н. Колмогорова) в линейном регрессионном анализе (2001 г.). Методы и программные средства прикладной статистики повседневно использовались для решения разнообразных задач совместно со специалистами как всех институтов КарНЦ РАН, так и других организаций. С 2005 г. началось изучение случайных конфигурационных графов, моделирующих сложные сети коммуникаций, таких, например, как Интернет. Показана нормальность объема гигантской компоненты связности при большом числе вершин (2006 г.). Впервые рассматривались условные графы при известном числе ребер и изучены их основные свойства (2008–2012 гг.). Даны оценки устойчивости сетей к разрушающим воздействиям различного характера (2012–2015 гг.).

В лаборатории моделирования природно-технических систем профессор Ю. В. Заика руководил работами, связанными с моделированием взаимодействия водорода с конструктивными материалами. Для этого разрабатывались методы и алгоритмы параметрической идентификации моделей и решались краевые задачи с нелинейными динамическими граничными условиями и подвижными границами раздела фаз (2000–2006 гг.). Рассматривались нелинейные краевые задачи диффузионного типа с обратным захватом (2009–

2010 гг.). Разработан численный метод решения нелинейных краевых задач термодесорбции и водородопроницаемости конструкционных материалов при наличии дефектов защитного покрытия (2014 г.).

Продолжаются исследования в области энергетики (к. т. н. Г. А. Борисов). Разработаны концепция развития и использования возможностей малой и нетрадиционной энергетики в Карелии (1999 г.), а также методика оценки потенциала нетрадиционной энергетики (2000 г.). Решались задачи моделирования и оптимизации структуры и параметров энергетических и транспортных систем (2007–2014 гг.).

В 2012–2014 гг. проводились моделирование и анализ динамики развития предприятий, рассматривались проблемы управления системами со структурными изменениями и системами биологической очистки (профессор А. Н. Кириллов).

Совместные усилия лабораторий телекоммуникационных систем и информационных компьютерных технологий (к. т. н. А. Д. Сорокин, к. ф.-м. н. В. Т. Вдовицын) были направлены на исследование, разработку и развитие единой информационной системы КарНЦ РАН. В частности, проводилась работа по созданию электронной библиотеки научного центра. Благодаря многолетней работе коллективов этих двух лабораторий, выполнявшейся под руководством А. Д. Сорокина, сегодня оснащенность КарНЦ РАН вычислительными ресурсами и программным обеспечением полностью соответствует современным требованиям.

С 2008 г. в лаборатории телекоммуникационных систем развиваются вебметрические исследования (д. т. н. А. А. Печников). Разработаны модели фрагментов Веба, они применялись для анализа взаимодействия российских академических и университетских веб-сайтов с целью улучшения их характеристик присутствия в Интернете.

В лаборатории информационных компьютерных технологий (к. ф.-м. н. В. Т. Вдовицын, к. э. н. В. А. Лебедев) совместно с другими институтами КарНЦ РАН создавались тематические информационные системы: электронный архив фольклорной фонетики (1999 г.), геоинформационная система «Водные ресурсы Республики Карелия» (2002 г.), система поддержки топонимических исследований (2005 г.), система «Природные ресурсы Карелии» (2012 г.) и др. Еще одним направлением работы лаборатории является разработ-

ка моделей оптимального управления динамическими структурами данных (профессор А. В. Соколов). Предложены модели и алгоритмы динамического распределения компьютерной памяти (2008 г.) и параллельные алгоритмы оптимального управления динамическими структурами (2012–2014 гг.).

В 2008 г. в КарНЦ РАН введен в эксплуатацию мощный вычислительный кластер, на базе которого позднее был создан центр коллективного пользования для высокопроизводительной обработки данных.

Ежегодно работы ИПМИ поддерживаются грантами различных научных фондов. За время существования института (с 1999 г.) победителями только конкурсов РФФИ и РГНФ были 62 проекта. Регулярно выполняются исследования в рамках программ Президиума РАН и Отделения математических наук РАН. Неоднократно сотрудники ИПМИ включались в состав научных школ Российской Федерации. Гранты выделялись и зарубежными научными фондами (Австралия, Австрия, Германия, Испания, Италия, Финляндия, Швейцария, Швеция, Япония).

С каждым годом повышается публикационная активность, ежегодно выходят из печати десятки статей в ведущих рецензируемых российских и зарубежных журналах. В 2014 г. среднее число статей, опубликованных в журналах из списков Web of Science и Scopus, впервые достигло единицы на одного научного сотрудника. У нас нет возможности перечислить опубликованные статьи, поэтому ниже приводится только список монографий.

В 1999–2009 гг. ИПМИ ежегодно издавал сборники трудов, а с 2010 г. выпускается серия «Математическое моделирование и информационные технологии» Трудов КарНЦ РАН, входящих в список ВАК. С 2009 г. ИПМИ издает журнал «Математическая теория игр и ее приложения», также входящий в список ВАК, статьи из которого переводятся на английский язык в журнале «Automatica and Remote Control».

Каждый год институт проводит всероссийские и международные конференции высокого уровня, сотрудники регулярно приглашаются для чтения лекций, научных стажировок и для участия в конференциях во многих странах.

Большое внимание уделяется подготовке кадров. Все ведущие сотрудники преподают в ПетрГУ и в других вузах. В 2007 г. был создан учебно-научный комплекс, в состав которого вошли существовавшие до этого филиалы кафедр математического факультета

ПетрГУ, это филиал кафедры теории вероятностей и анализа данных (рук. профессор Ю. Л. Павлов) и филиал кафедры информатики и математического обеспечения (рук. к. ф.-м. н. В. Т. Вдовицын). Успешно работает аспирантура, подавляющее большинство ее выпускников защищает диссертации в срок или даже досрочно. В 2003–2005 гг. в ИПМИ функционировал диссертационный совет (специальность 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика). Четыре сотрудника ИПМИ являются постоянными членами докторского диссертационного совета в Петрозаводском университете.

В настоящее время все научные сотрудники имеют ученые степени.

В институте много молодых ученых, они вносят значительный вклад в проводимые исследования. Среди наиболее заметных их результатов можно отметить работы по экологическому менеджменту биоресурсов водоемов Карелии (к. ф.-м. н. А. Н. Реттиева), по моделированию состояния воды и льда Белого моря (к. ф.-м. н. И. А. Чернов), по разработке математических моделей информационных систем для повышения эффективности работы кластеров и центров обработки данных (председатель Совета молодых ученых ИПМИ, к. ф.-м. н. Е. Е. Ивашко), по разработке моделей и алгоритмов для решения задач лексикографии и создания электронного словаря русского языка (к. т. н. А. А. Крижановский, с 2014 г. – и. о. зав. лаб. информационных компьютерных технологий), по разработке математических моделей и программных средств прогнозирования нагрузки центров высокопроизводительной обработки данных (к. ф.-м. н. А. С. Румянцев).

Ю. Л. Павлов, Т. П. Тихомирова

СПИСОК МОНОГРАФИЙ ИПМИ

1. *Борисов Г. А.* Методы автоматизированного проектирования лесотранспорта. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1978.
2. *Лейтес Д. А.* Теория супермногообразий. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1983.
3. *Лебедев В. А.* Реляционная система программирования. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1984.
4. *Лебедев В. А.* Реляционная система программирования обработки данных. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1988.
5. *Павлов Ю. Л.* Случайные леса. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1996.
6. *Борисов Г. А., Сидоренко Г. И.* Энергетика Карелии: современное состояние, ресурсы и перспективы развития. СПб.: Наука, 1999.
7. *Pavlov Yu. L.* Random forests. Utrecht: VSP, 2000.
8. *Соколов А. В.* Математические модели и алгоритмы оптимального управления динамическими структурами данных. Петрозаводск: ПетрГУ, 2002.
9. *Борисов Г. А., Сидоренко Г. И. и др.* Ресурсы и эффективность использования нетрадиционных источников энергии в России. СПб.: Наука, 2002.
10. *Сидоренко Г. И. и др.* Концепция и использование ветровой энергии в России. М.: Книга-Пента, 2005.
11. *Мазалов В. В.* Математическая теория игр и приложения. СПб.: Лань, 2010.
12. *Мазалов В. В., Менчер А. Э., Токарева Ю. С.* Переговоры. Математическая теория. СПб.: Лань, 2012.
13. *Заика Ю. В.* Интегральные операторы прогнозирования и идентификации моделей. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013.
14. *Mazalov V.* Mathematical game theory and applications. New York: John Wiley and sons, 2014.