

# Лаборатория моделирования и автоматизации (551)

Руководитель лаборатории **Раев Михаил Дмитриевич**  
канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотр.



## Сотрудники лаборатории:

**Алексеева Татьяна Алексеевна** — вед. инженер.

**Боярский Дмитрий Александрович** — канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.

**Русаков Михаил Юрьевич** — гл. специалист.

**Скворцов Евгений Иванович** — канд. физ.-мат. наук, науч. сотр.

**Соколова Юлия Вадимовна** — вед. инженер.

**Тихонов Василий Владимирович** — канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.

Лаборатория основана в 1992 году как структурное подразделение отдела «Прикладной космической физики» ИКИ РАН. Со дня создания по настоящее время лабораторию возглавляет кандидат физико-математических наук Михаил Дмитриевич Раев.

С момента основания сотрудники лаборатории принимали активное участие в экспериментах с комплексами приборов дистанционного зондирования (радиометрами и скаттерометрами). Исследования проводились в основном в акваториях морей Северного Ледовитого и Тихого океанов. С 1999 года район экспериментальных работ был перенесён в Чёрное море — Голубую бухту (Геленджик), где находится база Южного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ЮО ИО РАН). В этот период направлением исследований сотрудников лаборатории стала разработка методов дистанционного зондирования в задачах изучения поверхностных проявлений океанических процессов. Выполнялись работы по модернизации используемой аппаратуры — улучшению параметров радиолокаторов, повышению чувствительности и применению цифровых методов регистрации данных скаттерометров и радиолокаторов. Главный упор при этом был сделан на разработку цифровых методов анализа различного типа данных дистанционного зондирования (радиолокационных и оптических).

Другое направление работ лаборатории — накопление, обработка и систематизирование данных спутниковых микроволновых радиометров, предназначенных для исследования Земли. В лаборатории накоплены данные микроволновых приборов космической системы DMSP (Defense Meteorological Satellite System) за период с 1987 года по настоящее время. Создана база данных яркостной температуры многоканальных радиометров космического базирования SSM/I (Special Sensor Microwave/Imager) и SSMIS (Special Sensor Microwave Imager/Sounder). Разработаны специализированные программы обработки этих данных с

целью изучения процессов энергообмена и массопереноса в системе «океан – атмосфера», происходящих в широком диапазоне интенсивности и с разными пространственными и временными масштабами. Накопленные данные, вошедшие в созданную в ИКИ РАН базу данных GLOBAL-RT, позволили разработать и реализовать в специализированных программах методику формирования радиотепловых полей для изучения пространственно-временной динамики различного рода климатических процессов.

В настоящее время сотрудниками лаборатории ведутся теоретические работы, связанные с анализом изменений, происходящих в криосфере Земли, по данным спутниковой микроволновой радиометрии. Эти исследования включают в себя:

- теоретическое моделирование процессов взаимодействия микроволнового излучения со снежным покровом, мёрзлыми почвами, ледниками, морскими и пресноводными льдами;
- анализ сезонных и межгодовых изменений, происходящих в этих средах, по данным дистанционного зондирования и контактных измерений с применением теоретических моделей;
- разработку алгоритмов и методов определения изменчивости характеристик криосферных сред поверхности Земли по данным спутниковой микроволновой радиометрии.

В процессе проведённых исследований сотрудниками лаборатории были получены следующие важнейшие результаты:

- Разработана электродинамическая модель эффективной диэлектрической проницаемости снега, морского и пресноводного льда, учитывающая их физические и структурные характеристики, а также рассеяние микроволнового излучения на структурных неоднородностях.
- Разработана модель излучательной способности ледяного и снежного покрова, учитывающая слоистость среды, а также структурные и физические особенности каждого слоя.
- Разработана модель излучения системы «водная поверхность – морской/пресноводный лёд – снежный покров – атмосфера» в микроволновом диапазоне электромагнитных волн.
- На основе теоретических моделей создан комплексный алгоритм определения ледовой обстановки полярных регионов по данным спутниковой микроволновой радиометрии VASIA2 (Variation Arctic/Antarctic Sea Ice Algorithm 2). Алгоритм позволяет определять не только сплочённость ледяного покрова, но и площадь снежниц (области талых озёр, растаявшего и талого снега), образующихся на поверхности льда в летний период. Валидация алгоритма VASIA2 показала его высокую точность при определении общей площади морского льда Северного Ледовитого океана, что позволяет его использовать для решения различных научных задач, связанных с изменением площади и сплоченности ледяного покрова, а также с анализом эволюции северной полярной шапки.
- Выполнен анализ фенологических фаз ледяного покрова крупных пресноводных водоёмов по данным радиометра MIRAS (Microwave Imaging Radiometer using Aperture Synthesis) (1,4 ГГц) спутника SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity).

- Создана методика определения начала весеннего разрушения ледяного покрова крупных пресноводных акваторий по пассивным микроволновым спутниковым данным. Полученные результаты могут быть использованы для уточнения сроков действия ледовых переправ (зимников), так как начиная с этого периода лёд становится ненадёжным и не может быть использован в качестве естественных переправ через водные объекты (озёра, водохранилища, эстуарии).
- Выявлены и детально проанализированы особенности пространственно-временной изменчивости залегания снежного покрова на севере Восточно-Европейской равнины и Сибири.
- На основе комплексного анализа ежедневных спутниковых данных, результатов полевых измерений и модельных расчётов разработана методика определения глубины промерзания почвы по данным спутниковой микроволновой радиометрии.
- Выполнен анализ результатов наземного эксперимента по определению угловых зависимостей радиояркостной температуры снежного покрова в микроволновом диапазоне. Проведенные исследования позволили установить прямую зависимость углового спектра радиояркостной температуры на частоте 3.75 ГГц от появления глубинной изморози в толще снежного покрова. Показана возможность создания методики дистанционного контроля глубинных слоёв снежного покрова в микроволновом диапазоне для оценки локальной лавинной опасности.
- Исследована динамика межгодовых и сезонных вариаций яркостной температуры различных участков Обской губы и связанные с ними фазы ледяного покрова. Выявленные закономерности могут быть использованы для оценки солёности и зоны смешения вод в крупных эстуариях Арктики в зимнее время по данным спутниковой микроволновой радиометрии.

Большинство исследований, выполняемых сотрудниками лаборатории, проводятся совместно с учёными других научных организаций РФ. Среди них: Институт водных и экологических проблем СО РАН (Барнаул), Институт географии РАН (Москва), Институт физики атмосферы имени А.М. Обухова РАН (Москва), Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (Санкт-Петербург), Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (Фрязино), Учебно-научный радиофизический центр Московского педагогического государственного университета (Москва), ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» (Салехард), Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения РАН.