РЕШЕНИЕ

XXIX Всероссийской открытой научной конференции «РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН»

XXIX Всероссийская открытая научная конференция «РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН» проходила в период с 30 июня по 4 июля 2025 г. в городе Казани. Организаторами конференции выступили: Научный совет ОФН РАН по распространению радиоволн, Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ), Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ (КНИТУ-КАИ), Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (ИРЭ РАН) и Российский новый университет (РосНОУ) при участии Российской академии наук, Министерства науки и высшего образования РФ и Российского национального комитета Международного научного радиосоюза (URSI).

Работа конференции была организована в форме пленарных и секционных заседаний, круглых столов, а также стендовой сессии.

Целью XXIX Всероссийской научной открытой конференции «РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН» являлось обсуждение закономерностей распространения электромагнитных волн в различных средах, задач радиосвязи, навигации и радиолокации, модификации ионосферы мощными КВ радиоволнами, дистанционного зондирования атмосферы, ионосферы и дальнего космоса, а также различных сред природного происхождения. Рассмотрены проблемы математического и численного моделирования сред и процессов распространения электромагнитных волн, нелинейных эффектов в ионосфере. Исследованы нелинейные волновые структуры в комплексных сплошных средах. Обсуждены современные проблемы и достижения в области диагностики ионосферы и нейтральной атмосферы Земли, методы радиозондирования в различных диапазонах наземным средствами с использованием обработки спутниковых сигналов.

В представленных докладах авторы изложили новейшие результаты моделирования радиоканалов и статистического анализа параметров ионосферы в условиях геомагнитных возмущений. Существенное внимание было уделено исследованию распространения широкополосных и сверхширокополосных сигналов, включая их поведение в дисперсных средах, и также вопросам математического моделирования процессов распространения широкополосного излучения.

Получены новые экспериментальные и теоретические данные о распространении радиоволн различных диапазонов — от километровых до субмиллиметровых — в условиях космического пространства, ионосферы, атмосферы и урбанизированной среды. Эти исследования проводились с использованием и в контексте совершенствования методов дистанционного зондирования ионосферы, атмосферы, земной поверхности и космического пространства в радиочастотном, инфракрасном и оптическом диапазонах.

Особое внимание уделено нелинейным явлениям в ионосфере, возникающим под воздействием мощных радиоволн, а также волновым структурам в сложных средах и проблемам атмосферного электричества. Рассмотрены современные данные о свойствах искусственной ионосферной турбулентности и характеристиках перемещающихся ионосферных возмущений.

Обсуждены достижения в создании и развитии специализированных диагностических систем как наземного, так и космического базирования, предназначенных для дистанционного зондирования ионосферы, земной поверхности и высокоточной регистрации радиосигналов, отражённых и рассеянных в ионосферной среде и на неровностях земной поверхности.

Основными направлениями работы конференции были определены:

- Дистанционное зондирование тропосферы, верхней атмосферы, ионосферы и космического пространства.
- Распространение радиоволн коротковолнового диапазона.
- Распространение радиоволн дециметрового – субмиллиметрового диапазонов в тропосфере и урбанизированных средах.
- Распространение оптических волн в атмосфере и лазерное зондирование природных сред; фотоника и радиофотоника.
- Распространение километровых и более длинных радиоволн.
- Физические проблемы и прикладные аспекты создания интеллектуальных радиоэлектронных систем радиолокации, радионавигации и радиосвязи в атмосфере и космическом пространстве, включая квантовые технологии.
- Дистанционное зондирование атмосферы и земных покровов, радиометеорология.
- Математическое моделирование проблем электродинамики и распространения радиоволн.
- Нелинейные волновые явления в комплексных сплошных средах, включая атмосферу, гидросферу и космическую плазму, при внешних воздействиях большой мощности.
- Метеорные явления и метеорное распространение радиоволн.

Программа конференции включала 175 докладов, представленных как на пленарных, секционных заседаниях, так и на стендовой сессии. Конференция прошла в смешанном (очно-дистанционном) формате. В работе конференции приняли участие 168 научных работников (в том числе, 124 – очно, 44 – дистанционно) из 51 научного учреждения и высших учебных заведений городов России.

В рамках трёх пленарных сессий (под руководством д.ф.-м.н. О.Н. Шерстюкова, к.ф.-м.н. И.А. Насырова) были заслушаны 11 докладов, посвященных основным направлениям конференции: метеорно-ионосферным исследованиям в Казанском университете; методам исследований распространения и дифракции радиоволн, основанным на применении расширенной бихарактеристической системы Лукина и волновой теории катастроф; истории исследования измерений параметров магнитного поля Земли в Казанском университете. Представлены: проект модернизации и развития Национального гелиогеофизического комплекса ИСЗФ СО; создания иркутской коротковолновой антенной решётки активных излучателей (ИКАР-АИ) для модификации ионосферы; исследования новых морфологических особенностей ионосферы на основе результатов летных испытаний бортового ионозонда внешнего радиозондирования КА «ИОНОСФЕРА 1-2»; результаты исследований оптического свечения ионосферы при воздействии радиоизлучением стенда «СУРА». Представлены проект комплексной модернизации УНУ «СУРА» как нагревного стенда и диагностического комплекса

и методологии диагностики ионосферных КВ радиолиний. Рассмотрены сетевые подходы для передачи полученной информации.

Работа конференции была организована на десяти секциях:

Секция 1. Дистанционное зондирование верхней атмосферы, ионосферы и космического пространства.

Секция 2. Распространение радиоволн коротковолнового диапазона, секции.

Секция 3. Распространение радиоволн дециметрового – субмиллиметрового диапазонов в тропосфере и урбанизированных средах.

Секция 4. Распространение оптических волн в атмосфере и лазерное зондирование природных сред; фотоника и радиофотоника.

Секция 5. Распространение километровых и более длинных радиоволн.

Секция 6. Физические проблемы радиолокации, радионавигации и радиосвязи.

Секция 7. Дистанционное зондирование атмосферы и земных покровов, радиометеорология.

Секция 8. Математическое моделирование проблем электродинамики и распространения радиоволн.

Секция 9. Нелинейные волновые явления в комплексных сплошных средах, включая атмосферу, гидросферу и космическую плазму, при внешних воздействиях большой мощности.

Секция 10. Метеорные явления и метеорное распространение радиоволн.

Часть секционных заседаний была проведена совместно. Руководителями секционных заседаний выступили ведущие ученые по данным направлениям: Кутуза Б.Г. – д.ф.-м.н., Котонаева Н.Г. – д.ф.-м.н., Ясюкевич Ю.В. – д.ф.-м.н., Рябова Н.В. – д.ф.-м.н., Теохаров А.Н. – к.ф.-м.н., Кислицын А.А. – к.т.н., Хуторова О.Г. – д.ф.-м.н., Крашенинников И.В. – д.ф.-м.н., Колесник С.А. – к.ф.-м.н., Ростокин И.Н. – д.т.н., Крюковский А.С. – д.ф.-м.н., Бисярин М.А. – д.ф.-м.н., Палкин Е.А. – к.ф.-м.н., Грач С.М. – д.ф.-м.н., Благовещенская Н.Ф. – д.ф.-м.н., Шерстюков О.Н. – д.ф.-м.н., Илюшин Я.А. – д.ф.-м.н.

В рамках конференции были проведены: Круглые столы «Генезис отечественной инженерной школы» (ведущий – Григорьев Сергей Георгиевич, член-корр. РАО, д.т.н., профессор), «Актуальные проблемы ионосферного радиозондирования» (ведущий – Колесник Сергей Анатольевич – руководитель Западно-Сибирского отделения Научного совета РАН по комплексной проблеме «Распространение радиоволн», к.ф.-м.н., доцент).

Было проведено совещание Российского национального комитета Международного научного радиосоюза (URSI) (ведущий – Павлюкова Елена Раилевна, Ученый секретарь Российского национального комитета Международного научного радиосоюза (URSI), старший научный сотрудник ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН).

Конференция показала актуальность проблем развития и дальнейшего совершенствования методов и систем дистанционного зондирования ионосферы, атмосферы и земных покровов, радиометеорологии, исследования процессов распространения и дифракции электромагнитных волн различных диапазонов, исследования нелинейных волновых явлений в комплексных сплошных средах.

Участники конференции отметили высокий научный уровень подавляющего большинства

докладов, продуктивность обсуждений, актуальность поднимаемых вопросов, а также их выраженную практическую направленность. Особо подчеркнуто укрепление взаимодействия между учебными, научными учреждениями и промышленными организациями. Представленные исследования представляют значительный интерес как для дальнейшего развития радиофизики, так и для практического внедрения полученных результатов. Следует особо отметить активное участие молодых учёных, в том числе аспирантов и студентов, в работе пленарных, секционных и стендовых заседаний. Лучшие доклады молодых учёных отмечены специальными дипломами URSI по представлению Программного комитета.

После детального обсуждения на заседаниях секций участники сделали ряд предложений и рекомендаций.

Конференция считает необходимым:

1. Отметить расширение инструментальной базы мониторинга ионосферы в связи с запуском двух КА «Ионосфера – М» с комплексами целевой аппаратуры геофизического назначения. Летные испытания ионозондов «Лаэрт» показали возможность осуществления мониторинга ионосферы в реальном времени в планетарном масштабе на всех долготах и широтах.

   Конференция отмечает высокий научно-технический потенциал КА «Ионосфера –М» № 1, 2, выводящий российскую систему мониторинга ионосферы на уровень, превышающий мировые достижения, и выражает озабоченность в связи с отсутствием продолжения работ этой космической системы на серийном уровне на следующих плановых периодах.
2. Отметить увеличение работ научных учреждений по обоснованию и моделированию откликов плазменных оболочек Земли на различные экстремальные гелиогеофизические явления с использованием комплекса наблюдательных инструментов и считает полезным организацию отдельных специальных выпусков на базе существующих периодических изданий с отражением результатов подобных системных исследований.
3. Отметить существенный прогресс в экспериментальных исследованиях ионосферных возмущений на базе региональных сетей ЛЧМ-ионозондов и моделирования распространения КВ радиоволн в возмущённой ионосфере, необходимость дальнейшего развития работ в этом направлении, в том числе, с целью объединения существующих сетей в единую российскую сеть ЛЧМ зондирования.
4. Отметить высокую результативность исследований эффектов нелинейного взаимодействия мощного КВ радиоизлучения с ионосферой при высоких эффективных мощностях воздействия (стенд EISCAT/HEATING), при исследованиях искусственного оптического свечения ионосферы в период нарастания солнечной активности (стенд СУРА) и необходимость развития исследований в данной области. Учитывая возросшую активность работ на нагревных стендах за рубежом, как в научном, так и в прикладном плане, рекомендовать поддержать проект дальнейшей модернизации стенда СУРА, направленного на улучшение основных характеристик стенда, повышение надежности работы, создание новых систем управления режимами воздействия, расширение диагностических возможностей, а также ускорить создание

нагревного стенда в рамках НГК на базе ИСЗФ СО РАН.

5. Отметить эффективность использования кластеров научных инструментов в том числе инструментов Национального гелиогеофизического комплекса Российской академии наук. Для повышения эффективности исследований рекомендуется усиление коллаборации отечественных организаций в части совместного использования данных наземных и спутниковых отечественных инструментов и продвижение концепции открытого обмена научными данными.
6. Конференция видит перспективным развитие единой сети наклонного зондирования ионосферы Земли на территории Российской Федерации. В настоящее время успешно функционируют региональные экспериментальные сети ряда отечественных организаций, включая ААНИИ, ИПГ, ИСЗФ СО РАН, ННГУ и других.
7. Отметить бурное развитие технологии программно-конфигурируемых радиосистем (SDR) для исследовательских задач распространения радиоволн и диагностики природных сред. Необходимо усилить внимание к этому вопросу и отметить необходимость развития отечественных компонентов для SDR.
8. Отметить важность возобновления на регулярной основе радиотомографических наблюдений состояния ионосферы с использованием спутников Ионосфера-М на российской трансконтинентальной приёмной цепочке (Мурманск – Москва, МГУ, ИКИ РАН, ИЗМИРАН, ПГИ РАН) и приёмниках, расположенных на УНУ “Стенд СУРА” (НИРФИ) и Национальном гелиогеофизическом комплексе РАН (ИСЗФ СО РАН), а также необходимость обеспечить возможность доступа к данным со спутников Ионосфера-М сотрудникам отечественных научных и научно-образовательных учреждений.
9. Продолжить экспериментальное и теоретическое исследование перемещающихся ионосферных возмущений с целью повышения точности решения задач навигации и позиционирования (ИСЗФ СО РАН, РосНОУ, Поволжский ГТУ).
10. Отметить серию работ, посвященную развитию асимптотических методов расчета распространения радиоволн в ионосферной плазме, выполненных в РосНОУ, СПбГУ, НПО ДАР, ИЗМИРАН.
11. Поддержать развитие новых цифровых методов анализа данных ионосферного радиозондирования на основе сетевых подходов, технологий искусственного интеллекта, методов многочастотных микроволновых радиометрических измерений с использованием технологий радиофотоники и систем искусственного интеллекта.
12. Отметить работы по совершенствованию методов моделирования волноводных каналов, формируемых естественным образом в околоземной, ионосферном и космическом пространстве (ИПФ РАН, РосНОУ, ИГУ, СПбГУ, НПО ДАР, КФУ).
13. Отметить работы по атмосферному электричеству, связанные с механизмами излучения молний, а также моделированием электрического состояния приземного слоя атмосферы в условиях сильной турбулентности.
14. Поддержать развитие исследований по распространению УКВ в урбанизированных средах (КФУ).

15. Отметить необходимость создания открытых сетевых инструментов (сервисов) доступа к данным спутникового дистанционного зондирования Земли и её атмосферы, другим экспериментальным данным с целью повышения достоверности научных результатов, обеспечения верификации численных моделей распространения радиоволн, валидации спутниковых и наземных радиофизических экспериментов.
16. Поддержать продолжение измерений вариаций магнитного поля Земли, проводимые в Казанском федеральном университете.
17. Конференция выражает озабоченность в связи с устаревающим парком традиционных технических средств гелиогеофизического мониторинга и поддерживает усилия различных организаций по созданию отечественных инструментов мониторинга ионосферы, верхних слоев атмосферы, магнитного поля Земли и др.
18. Отметить возрастающий научный уровень представленных на конференцию докладов молодых ученых, и поддерживает сложившуюся традицию проведения молодежных школ в Томске, Иркутске, Калининграде, Йошкар-Оле, проведения конкурсов работ молодых ученых в рамках тематических конференций.
19. Конференция считает необходимым дальнейшее регулярное проведение Всероссийских отрытых конференций по распространению радиоволн с привлечением научных и промышленных организаций Российской Федерации.

Участники конференции отмечают высокий уровень выполненной организационной работы, благодарят руководство Казанского (Приволжского) федерального университета и лично Марата Ревгеровича Гафурова, директора Института физики КФУ; Олега Николаевича Шерстюкова, заведующего кафедрой радиофизики Института физики КФУ; Игоря Альбертовича Насырова, заведующего кафедрой радиоэлектроники Института физики КФУ; Илью Михайловича Лернера, доктора технических наук, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, Оргкомитет и всех организаторов за успешное проведение конференции.

Участники конференции просят передать решение XXIX Всероссийской открытой научной конференции по распространению радиоволн в Отделение физических наук РАН.

Участники конференции считают целесообразным проведение XXX Всероссийской конференции «Распространение радиоволн» в 2027 г. в г. Иркутске (на базе Института солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН) и просят бюро Научного совета ОФН РАН по распространению радиоволн принять соответствующее решение.

Председатель Программного
комитета конференции,
лауреат Государственных премий СССР и РСФСР
д.ф.-м.н., профессор Б.Г. Кутуза

Ученый секретарь Программного
комитета конференции,
к.ф.-м.н., доцент Д.В. Растягаев

04.07.2025, г. Казань