

Аналитический отчет о проведении МСАРД-2017

Международный симпозиум МСАРД-2017, проведенный 27–30 июня 2017 года, был посвящен обсуждению современных проблем атмосферной радиации и динамики. Проводимый регулярно (раз в 2 года), этот симпозиум позволяет отслеживать тенденции развития различных разделов физики атмосферы, метеорологии и климатологии, оценивать новые направления исследований, последние достижения и выявлять основные причины, сдерживающие развитие исследований в области атмосферной радиации и динамики. В 2017 г. в нем приняли участие 16 иностранных ученых, 14 ведущих зарубежных специалистов (из США, Германии, Франции, Финляндии, Греции, Канады и Швейцарии) вошли в состав Программного комитета МСАРД-2017, что подтверждает достаточно высокий научный уровень Симпозиума. Общее число участников превышало 140 человек, представлено 194 доклада. 9 секций симпозиума охватывают всю проблематику исследований в области атмосферной радиации и динамики, поэтому аналитический отчет посвящен анализу результатов исследований, представленных на всех секциях симпозиума.

1. Анализ проблематики исследований, проводимых в России по научному направлению, к которому относится научное мероприятие (на основе докладов, включенных в программу мероприятия)

На Пленарном заседании выступили ведущие ученые России и мира с докладами о современных достижениях фактически во всех представленных на симпозиуме направлениях развития исследований в области атмосферной радиации и динамики. Академик **Г.С. Голицын** (ИФА РАН) представил расширенную теорию подобия и размерности в приложении к галактикам. Два доклада коллективов авторов из ИОА РАН и ИФА РАН были посвящены оценке радиационных и температурных эффектов аэрозоля в фоновых и задымленных условиях атмосферы. В обзорном докладе **Ю.М. Тимофеев** (СПбГУ) представил возможности дистанционного зондирования газового состава атмосферы и последние достижения сотрудников СПбГУ в этой области. Международный коллектив авторов из России и Швейцарии осветил современные представления о реакции системы ионосфера-термосфера на внезапные стратосферические потепления. В докладе **В. Смита (W. Smith) с соавторами** (США) оценены возможности использования данных спутниковых радиационных измерений в моделях прогноза погоды. Современное состояние и перспективы развития отечественных спутниковых наблюдательных систем гидрометеорологического и океанографического назначения освещено в докладе **В.В. Асмуса с коллегами** из НИЦ “Планета”, НПО им. С.А. Лавочкина и ВНИИЭМ. В этом докладе выполнен обзор существующих российских космических аппаратов (КА) гидрометеорологического назначения. Кратко рассмотрены перспективные КА, включая спутники на высокоэллиптических орбитах (серии «Арктика-М»), а также будущие полярно-орбитальные (серии «Метеор-МП») и геостационарные (серии «Электро-М») КА. В докладе **И.Л. Кароля и А.А. Киселева** была дана ретроспектива международных соглашений по климату (от Киото до Парижа) и оценена их эффективность.

Секция 1, посвященная исследованиям в области **Спутникового зондирования атмосферы и поверхности**, была представлена 17 устными и 10 стендовыми докладами. По тематике исследований их можно подразделить на 3 направления: 1) спутниковые приборы, калибровка и валидация спутниковых данных и информационных продуктов по параметрам атмосферы и поверхности; 2) определение характеристик атмосферы и подстилающей поверхности по данным спутниковых измерений в различных спектральных диапазонах; 3) использование данных спутниковых измерений в приложениях – для исследования различных процессов и явлений в атмосфере, океане и на суше.

По первому направлению приглашенный доклад **Ф.С. Завелевича** с соавторами (ГНЦ «Центр Келдыша», НИЦ «Планета») посвящен результатам 3-х летней эксплуатации ИК-зондировщика ИКФС-2, установленного на КА «Метеор-М №2», включая детальный анализ погрешностей бортовой радиометрической и спектральной калибровок, результаты функционирования комплекса предварительной обработки. Доклад **А.А. Филей** с соавторами (ДЦ НИЦ «Планета») излагает метод интеркалибровки коротковолновых каналов аппаратуры МСУ-МР путем сравнения с аналогичными каналами радиометра AVHRR КА серии NOAA. В докладе **Ю.С. Доброленского** с соавторами (ИКИ РАН) представлены результаты разработки опытного образца спектрометра УФ-диапазона для мониторинга озоносферы Земли. Этот прибор должен быть установлен на будущих КА серии «Ионозонд».

Представим наиболее интересные доклады *второго направления*. Это доклад **А.С. Гаркуши** с соавторами (СПбГУ), в котором рассмотрены регрессионная методика и результаты дистанционного определения по данным ИКФС-2 общего содержания озона (СО). Валидация спутниковых оценок СО (путем сравнения с независимыми спутниковыми оценками и данными наземных наблюдений) показала их достаточно высокую точность (погрешность меньше 5%). В докладе **А.Н. Рублева** с соавторами (НИЦ «Планета», ИЛ СО РАН) представлены предварительные результаты определения общего содержания диоксида углерода в атмосфере по данным ИКФС-2 и совмещенным данным сканирующего радиометра МСУ-МР (КА «Метеор-М №2»). Доклад **А.В. Полякова** с соавторами (СПбГУ, НИЦ «Планета») посвящен валидации результатов дистанционного температурного зондирования, получаемых по данным ИКФС-2. Статистика погрешностей получена для разных временных периодов 2015–2017 гг. Результаты исследований распределения водяного пара в атмосфере над Гренландией по данным микроволнового сканера/зондировщика МТВЗА-ГЯ КА "Метеор-М" N 2, микроволновых радиометров AMSR2, GMI приведены в докладе **Л.М. Митник** с соавторами (ТОИ ДВО РАН). Кратко обсуждается методика калибровки данных МТВЗА-ГЯ в каналах сканера. В стендовом докладе **В.И. Захарова** с соавторами (Уральский Университет, Университет Токио, Япония) представлены результаты мониторинга тропосферного содержания метана над Западной Сибирью по данным японского спутника GOSAT. Доклад **Н.Ю. Захваткиной** с соавторами («Нансен-центр», Россия, и Центр по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена, Берген, Норвегия) посвящен методам автоматизированного определения морского льда по данным измерений радиолокатора с синтезированной апертурой, установленного на спутнике Сентинел-1. В стендовом докладе **А.Н. Рублева** с соавторами (НИЦ «Планета») представлены результаты разработки алгоритма определения параметров атмосферного аэрозоля по данным 6-канального сканера МСУ-МР КА «Метеор-М» N 2.

Доклады по третьему направлению охватывают различные области применения спутниковых данных. В докладе **Д.В. Кондрик** с соавторами (Нансен-Центр, АНИИ) обсуждается применение созданного в Нансен-Центре био-оптического алгоритма анализа спутниковых снимков для оценки пространственно-временной динамики цветений кальцифицирующего фитопланктона и выявления влияния влияющих на это явление факторов. В докладе **А.Ф. Нерушева** с соавторами (НПО «Тайфун») проанализирована динамика высотных струйных течений и их связь с изменениями климата. Для локализации и оценки характеристик струйных течений (площадь, максимальная скорость ветра и др.) используются данные радиометра SEVIRI/Meteosat-9, -10. В докладе **С.А. Ситнова** с соавторами (ИФА РАН) были представлены результаты исследования редкой аномальной атмосферной циркуляции над Евразией летом 2016 года, в результате которой продукты горения лесов Сибири переносились на расстояние до 5 тысяч км в западном направлении со скоростью около 5 м/с.

На Секции 2 "Дистанционное зондирование атмосферы и подстилающей поверхности в различных областях спектра" было представлено более 30 устных и стендовых докладов по различным направлениям дистанционного зондирования атмосферы и поверхности. Были рассмотрены результаты использования как пассивных, так и активных методов зондирования.

Ряд докладов был посвящен различным аспектам гиперспектрального дистанционного зондирования подстилающей поверхности – доклады **В.В. Козодерова** и др. (МГУ), **Л.В. Катковского и др.** (БГУ, Беларусь). В докладах были приведены интересные примеры изучения различных характеристик поверхности и методы исключения влияния атмосферы, в том числе аэрозольной компоненты.

Значительное внимание на заседаниях секции было уделено анализу последних измерений характеристик газового и аэрозольного состава атмосферы. Так в ряде докладов сотрудников СПбГУ были приведены результаты локальных и дистанционных измерений общих содержаний и приземных концентраций парниковых газов (CO_2 , CH_4 , фреонов, озона и озоноразрушающих и загрязняющих газов) на территории России. Отметим наиболее интересные доклады: **М.В. Макаровой** и др. – исследования влияния пожаров и антропогенных выбросов на состав атмосферы вблизи Санкт-Петербурга; **Д.В. Ионова** и др. – оценки эмиссии NO_x с территории Санкт-Петербурга по данным мобильных измерений и результатам численного моделирования; **А.В. Полякова** и др. – первые в России измерения общих содержаний фреонов CFC-11, CFC-12 и HCFC-22. Большое количество новой информации о трендах общих содержаний CO и CH_4 на основе многочисленных наземных и спутниковых измерений было представлено в докладе **В.С. Ракитина** (ИФА РАН) для территории Евразии. Различные оценки погрешностей дистанционных измерений газового состава и сопоставление данных ИК, МКВ и ГНСС методов были приведены в докладах **Я.А. Виролайнен** с соавторами (в том числе из ГГО).

Анализ аэрозольных оптических характеристик вблизи Санкт-Петербурга был изложен в докладе **К.А. Волковой** с соавторами (СПбГУ и НАСА) по результатам наземных измерений в рамках международной программы АЭРОНЕТ. Сравнения с данными близлежащих станций наблюдения (Эстония, Финляндия) позволил установить общий характер аэрозольного состояния атмосферы в рассмотренном регионе. Результаты изучения сезонной изменчивости состава атмосферного аэрозоля вблизи Санкт-Петербурга были приведены в докладе сотрудников СПбГУ (**С.Ю. Миронова** и др.). Анализ эволюции скоплений аэрозоля на высотах полетов гражданской авиации был рассмотрен в докладе **А.Е. Мамонтова** и **А.С. Гурвича** (ИФА РАН).

Значительное внимание на заседаниях секции было уделено лидарным методам зондирования атмосферы, а также комбинированным (лидарным, микроволновым и радиозондовым измерениям характеристик ветра, облаков и т.д. (доклады **М.В. Сапунова** (Лазерные системы) и др., **В.А. Тагаева** и др. (РГГМУ)), а также разработке новых схем лазерных дальномерных схем (доклад **С.И. Пыриковой**, СНПО «Элерон»). Перспективам использования лидарных методов зондирования из космоса был посвящен доклад **А.Г. Феофилова** (НАСА), содержащий описание двух новых проектов США – проекты ATLID и MESCAL.

Ряд докладов на секции был посвящен рассмотрению приборного обеспечения дистанционных измерений различных параметров атмосферы. Так в докладе **А.О. Мартинова** и **Л.В. Катковского** (ИПФ, Беларусь) описан солнечный спектрополяриметр и измерения с его помощью спектров нисходящего излучения.

На секции был рассмотрен ряд докладов, посвященных пассивным и активным МКВ методам зондирования (**Я.А. Илюшин** и др., МГУ; **В.С. Косцов** и др., СПбГУ). Результаты исследований водозапаса облаков в Петергофе были представлены в докладе **Е.Ю. Бирюкова** и **В.С. Косцова** (СПбГУ).

Рассмотрению возможностей использования дистанционных средств измерений для исследований формирования электрических разрядов в грозо-градовом облаке был посвящен доклад сотрудников ГГО (**А.А. Синькевич** и др.). Погрешности самолетного метода контроля электрического состояния облаков были оценены в докладе **Р.Е. Торгунакова** и др. (ГГО). Возможностям создания двухпозиционного радиолокатора когерентного обратного рассеяния и его преимуществам был посвящен доклад **Я.А. Илюшина** и др. (ИРЭ РАН). Исследованию различных аспектов реализации ГНСС методов зондирования атмосферы были посвящены доклады **А.Н. Мешкова** и др. (ВКА) и **Илюшина** и др. (МГУ, ИРЭ РАН).

Работа Секции 3 была посвящена **теории переноса излучения**. На заседаниях Секции 3 заслушаны 12 устных докладов, представлено 5 стендовых докладов и проведено заседание «Круглого стола». В докладах рассмотрен широкий круг задач теории переноса излучения, а также различные приложения к задачам зондирования атмосферы. По тематике исследований их можно подразделить на 2 группы.

К первой группе относятся исследования, опирающиеся на детерминистские (сеточные) методы. Так, в докладе **М.Г. Кузьминой** с соавторами (ИПМ РАН) изложен метод возмущений, развитый для слабоанизотропных сред, позволяющий заранее получить оценки для возмущения решения, вызванного анизотропией среды. **В.П. Будак** (МЭИ) представил решение векторного уравнения переноса излучения в квазидиффузионном приближении и обосновал необходимость обобщения диффузионного приближения для поляризованного излучения. В докладе **А.А. Сушенко** с соавторами (ИПМ ДВО РАН, ДФУ) рассмотрено решение нестационарного уравнения переноса излучения (УПИ) в неограниченной области с соответствующими условиями затухания сигнала на бесконечности. В докладе коллектива авторов из США описываются возможности нового кода для решения уравнения переноса в плоской геометрии с учетом поляризации методом дискретных ординат для локальной поляризационной коррекции. В докладе **О.В. Николаевой** (ИПМ РАН) представлен новый алгоритм атмосферной коррекции влияния газового поглощения в коэффициенте яркости, применимый к многоспектральным данным. **А.Г. Чебыкин** с соавторами (ИПМ РАН) разработали алгоритм сжатия многоспектральных данных, позволяющий уменьшать объем передаваемых данных при заданной погрешности восстановления. Доклад **Е.А. Кадышевич** и **В.Е. Островского** (ИФА РАН) развивает приложения ФФО-ХФО Теории Образования и Трансформации Солнечной Системы. К этому же направлению исследований относились и два стендовых доклада **Е.А. Федотовой** с соавторами и **Г.К. Орлова** и др. (ПГУ РАН).

Ко второй группе относятся исследования, опирающиеся на стохастические модели и метод Монте-Карло. Так **Е.Е. Городничев** с соавторами (МИФИ) анализирует влияние оптических свойств рассеивающих неоднородностей на деполяризующую способность мутных сред путем решения векторного уравнения переноса в условиях Керкера. Метод Монте-Карло используется **С.М. Пригариним** с соавторами (ИВМ и МГ СО РАН) при исследовании распространения лазерных импульсов в облаках и водной среде. **Т.Б. Журавлева** с коллегами (ИОА СО РАН) представили алгоритмы статистического моделирования интенсивности солнечного и теплового излучения в сферической модели атмосферы для случаев детерминированной и стохастической облачности. В докладе **И.В. Прохорова** и др. (ИПМ ДВО РАН) оценена эффективность ветвящихся методов Монте-Карло при решении нестационарных задач теории переноса излучения. В стендовых докладах приведены результаты моделирования потоков солнечного излучения с различными данными по сечениям поглощения озона и диоксида азота в УФ диапазоне (**Т.Ю. Чеснокова** и др., ИОА СО РАН, ВГУ); описаны разрабатываемые статистические модели атмосферы для решения УПИ на трассах «земля-космос» (**А.Е. Черненко** с коллегами, "12 ЦНИИ" Минобороны, НПК "Системы прецизионного приборостроения");

рассмотрена возможность одновременного определения температуры воздуха и концентрации исследуемого газа в нём (**С.А. Шишигин**, ИОА СО РАН).

На коротком (15 мин) заседании «Круглого стола», посвященного обсуждению вопроса «Что такое ТЕОРИЯ ПЕРЕНОСА сегодня», были представлены варианты В.П. Будака и Л.П. Басса развития теории переноса в современных условиях «больших данных», суперкомпьютеров, разнообразных задач зондирования атмосферы, земли и планет.

На заседаниях Секции 4, посвященной проблеме **взаимодействия радиации с облаками и аэрозолем**, заслушано 16 устных и представлено 9 стендовых докладов. Доклады относятся к двум направлениям: 1) исследование свойств и взаимодействия с радиацией атмосферного аэрозоля; 2) исследование взаимодействия радиации с облачной атмосферой.

К первой группе относятся три приглашенных доклада. В них рассматривались результаты актуальных исследований черного углерода в Арктике. **В.М. Копейкин** (ИФА РАН) с соавторами из ИО РАН, ААНИИ, ГМЦ и СФУ представили результаты экспериментальных исследований вариаций концентрации черного углерода в приводном слое атмосферы Арктики по данным 10 рейсов с 2011 по 2016 г. В докладе **С.А. Терпуговой** (ИОА СО РАН) с соавторами из ЛИ СО РАН и ААНИИ охарактеризованы закономерности пространственно-временной изменчивости свойств аэрозоля и содержания черного углерода в Арктике по данным стационарных, морских и самолетных экспедиций. **А.А. Виноградова и А.В. Васильева** (ИФА РАН) на основе моделирования процессов дальнего переноса воздушных масс определили основные источники черного углерода и вклады этих источников в загрязнение атмосферы арктических регионов. К вышеупомянутому примыкает доклад **А.С. Емиленко** с соавторами (ИФА РАН; ИФА КАН, Китай) о долгопериодных вариациях концентрации черного углерода в Пекине, а также доклад **О.А. Томшина и В.С. Соловьева** (ИКФИА СО РАН) о влиянии лесных пожаров Восточной Сибири на аэрозольное загрязнение атмосферы. В докладе **Г.И. Горчакова** с соавторами (ИФА РАН) показано, что наряду с черным углеродом на радиационные характеристики дымового аэрозоля может заметно влиять коричневый углерод.

В трех устных докладах представлены результаты исследования атмосферного аэрозоля с использованием данных лидарного зондирования. В докладе **А.А. Черемисина** (СФУ) с соавторами из КриЖТ и ИОА СО РАН исследовано поствулканическое аэрозольное загрязнение стратосферы Северного полушария, обусловленное вулканическими извержениями в 2008–2016 гг., а в докладе **С.В. Самойловой** с соавторами (ИОА СО РАН) рассмотрена задача совместного восстановления основных микрофизических параметров аэрозоля по данным многочастного лидарного зондирования. **И.Н. Мельникова** (СПбГУ) с соавторами (РГГМУ) разработала методику оценки потоков солнечной радиации с использованием данных лидарного зондирования аэрозоля. Доклад **П. Кишча (P. Kishcha)** с соавторами (Israel, USA) посвящен исследованию динамики крупномасштабного взаимодействия пылевого аэрозоля с приводным слоем атмосферы и образованию слоя облачности над Атлантикой.

Ко второму направлению относятся 10 устных докладов, посвященных различным аспектам исследования облачности, включая ее взаимодействие с радиацией. В докладе **А.Г. Петрушина** (ИАТЕ) предложена параметризация оптических и микрофизических характеристик смешанных облаков. Методика дешифрования облачного покрова представлена **А.А. Косторной** с соавторами (СЦ НИЦ «Планета»). Результаты исследования полей яркости отраженной солнечной радиации при разорванной облачности детально рассмотрены **И.М. Насртдиновым** с соавторами (ИОА СО РАН). Анализ влияния континуального поглощения на потоки солнечного излучения в облачной атмосфере выполнен **Т.Ю. Чесноковой** (ИОА СО РАН) с соавторами (ВГУ). **С.С.**

Новиковым (РГГМУ) и **И.Н. Мельниковой** (СПбГУ) предложена аппроксимация потоков солнечной радиации в облачной и безоблачной атмосфере. **О.С. Угольников** (ИКИ РАН) с соавторами (ПГИ, ГАО НАНУ Украина) выполнили исследования микрофизических характеристик полярных мезосферных облаков с использованием широкоугольной фотометрии и поляриметрии. **А.В. Коношонкиным** с соавторами (ИОА СО РАН) получено решение задачи рассеяния света на гексагональных ледяных кристаллах в приближении физической оптики. **Я.А. Илюшин** (МГУ) выявил условия возникновения кольцевых структур в обратном рассеянии лазерных импульсов тонкими облаками. **Т.А. Сушкевич** (ИПМ РАН) с соавторами проанализировала возможности использования многопоточковых методов решения уравнения переноса излучения в облачной атмосфере. **А.Н. Вульфсон** с соавторами (ИПНГ РАН; ФИРАН) оценил влияние термик в конвективной атмосфере на перенос влаги и формирование облачности.

В стендовых докладах **Г.Н. Миронова** с соавторами (СПбГУ), **О.А. Ивановой** с соавторами (СПбГУ) и **А.А. Костюкова и Е.Ф. Михайлова** (СПбГУ) рассмотрены результаты исследования гигроскопических свойств атмосферных биоаэрозолей, биоаэрозолей бореальных и тропических лесов, конденсационной активности ядер Айткена в городских условиях. В стендовых докладах **А.В. Карпова** с соавторами (ИФА РАН) и **Д.В. Бунтова и Г.А. Кузнецова** (ИФА РАН) представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса сальтации, который определяет вынос минерального аэрозоля с опустыненных территорий. В докладе **И.Н. Плахиной** (ИФА РАН) с соавторами из ГГО обсуждаются особенности вариаций аэрозольной оптической толщины в дальневосточном регионе, а в докладе **И.А. Горчаковой** с соавторами (ИФА РАН) представлены результаты определения радиационных и температурных эффектов тепловой радиации в задымленной атмосфере. **В.А. Фалалеева** с соавторами (ИФА РАН) выполнили моделирование переноса поляризованного излучения при зондировании облачности полярных широт. В докладе **С.В. Зуева** с соавторами (ИМКЭС СО РАН) обсуждалась диагностика форм облачности по данным наблюдения нисходящей радиации.

3 устных и 1 стендовое заседания Секции 5 "**Радиационная климатология и радиационные алгоритмы в моделях прогноза погоды и климата**" были сформированы в соответствии с основными направлениями исследований в этой области.

Тематика первого заседания касалась вопросов систематизации рядов наблюдений составляющих радиационного баланса и прозрачности атмосферы. Наиболее полный международный доклад представил **Ханно Х. Охврил** (Университет Тарту, Эстония), обобщивший многолетние ряды прозрачности толщи атмосферы за 1906–2016 гг. Коллектив исследователей включал ученых из Эстонии, России и США. Выявлены важные закономерности в вариациях прозрачности атмосферы в течение исследуемого периода. Другой важный доклад первого заседания был сделан **Е.В. Горбаренко** из МГУ, представившей обстоятельный сравнительный анализ информации о радиационном балансе (РБ), полученной из двух источников: спутниковые и наземные наблюдения.

Следующий блок докладов был посвящен разным аспектам исследования биологически активной УФ радиации. В частности, в докладе **А.С. Пастуховой** (РГГМУ) и др. (ИВМ РАН) на основе разработанной методики оценивалась многолетняя изменчивость УФ радиации с 1979 г. по 2015 г. по модельным, спутниковым данным и данным реанализа. В докладе **Е.И. Незваль** (МГУ) рассматривалась временная изменчивость УФ радиации в области спектра 300–380 нм в Москве за период 1968–2016 гг. Показан сезонный и многолетний ход длинноволновой УФ радиации и факторы его вызывающие для условий московского региона. В докладе **Б.А. Фомина и Г.Э. Колокутина** (ЦАО) предложена новая параметризация поглощения озоном биологически активной УФ радиации, которая позволяет существенно снизить затраты машинного времени на расчет радиационного переноса УФ излучения.

Четыре последовавших доклада были посвящены климатологии РБ. Доклад **Ю.Л. Матвеева** (РГГМУ) был посвящен оценкам облачности по спутниковым измерениям, а также температурным эффектам в городской среде и их возможным причинам. В докладе **Э.И. Тереза** (КАО) и **Ю.В. Сосновского** (КФУ) рассматривались различные гипотезы климатических изменений, в том числе, гелиофизическая гипотеза и гипотеза, связанная с изменением альбедо Земли. Возможное влияние солнечной активности на температурный режим поверхности тропической зоны Тихого океана оценивалось в докладе **О.М. Покровского** (РГГМУ). В докладе **П.В. Спорышева** с коллегами (ГГО) на основании ансамблевых модельных расчетов рассматривалось влияние внешних радиационных воздействий антропогенных и естественных факторов на температурный режим в Арктике в настоящем и будущем до 2040 г.

Третье заседание включало доклады, объединенные темой влияния изменчивости РБ на динамику атмосферы, океана, ледового покрова. В докладе **Ю.Е. Беликова** с коллегами (ИПГ) рассмотрены вопросы изменения радиационных притоков тепла и влияние этого эффекта на погоду и климат при появлении высоких тонких облаков. В докладе **С.В. Логинова** и др. (ИМКЭС СО РАН) проведено исследование связей ячеек меридиональной циркуляции с изменением ледовых условий в сибирском секторе Арктики в последние десятилетия. В докладе **К.М. Фирсова** (ВГУ) с коллегами из ИОА СО РАН оценено радиационное воздействие облаков для двух моделей континуума водяного пара. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости уточнения модели континуума в области 8–12 мкм. В докладе **Т.А. Сушкевич** (ИПМ РАН) с коллегами ставится задача создания отечественного пакета научно обоснованных моделей, методов, алгоритмов и компьютерных кодов для моделирования радиационного воздействия на климат и перспективных теоретико-расчетных исследований прямых и обратных радиационных задач в проектах освоения Арктики.

Блок стендовых докладов был посвящен исследованию коротковолновой радиации и облачности применительно к климатическим проблемам и воздействию УФ радиации на человека. В докладе **Е.В. Горбаренко** и др. (МГУ) представлен анализ временной изменчивости характеристик облачности, базирующийся на климатическом обобщении уникальных ежечасных визуальных наблюдений параметров облачности в МО МГУ. В докладе **Е.Ю. Ждановой** с коллегами (МГУ) на основании спутниковых и наземных данных измерений УФ излучения рассмотрены условия, которые могли привести к различиям в уровне витамина D у разных групп населения в 2014 и 2015 гг. В докладе **И.Н. Шаниной** и др. (ГГО) приведено чрезвычайно актуальное исследование возможности совместного использования разнородных данных актинометрической сети для решения различных научных и прикладных задач с целью удлинения рядов солнечной радиации и заполнения пропусков в наблюдениях без нарушения их однородности.

На заседании Секции 6, посвященной **натурным исследованиям радиационных характеристик атмосферы и поверхности**, было заслушано 3 устных и представлено 6 стендовых докладов. В докладах рассмотрен комплекс проблем, связанных с программами исследований атмосферы, наземными измерениями аэрозольной толщи, атмосферного электричества и радиационных характеристик атмосферы, содержания газовых составляющих атмосферы, анализом их изменчивости. Приглашенный доклад **К.Н. Пустовалова** с соавторами (ИМКЭС СО РАН) посвящен обобщению многолетних результатов комплексного исследования динамики метеорологических, турбулентных и электрических параметров, а также характеристик осадков и аэрозоля в приземной атмосфере во время формирования и развития грозных явлений. В докладе **В. П. Юшкова** (МГУ) предложена методика оценки качества воспроизведения пограничного слоя в региональных синоптических моделях по данным дистанционных измерений. Данные по оценке интенсивности эмиссий CO₂, CH₄ и CO в пригороде С.-Петербурга и по изменчивости кислотности и состава осадков в условиях городской среды

представлены в докладах **М.В. Макаровой с соавторами** (СПбГУ, ГГО, ИФА РАН) и **И.Д. Ереминой** (МГУ). Интересные результаты по многолетним наблюдениям солнечной ультрафиолетовой радиации, фотосинтетически активной радиации и суммарной радиации, проведённых в Томске в 2006–2016 гг., были изложены **С.В. Смирновым** (ИМКЭС СО РАН).

Часть докладов секции была посвящена разработкам новых измерительных методов, средств и аппаратно-программных комплексов. В их числе: доклады **В.М. Осипова** с соавторами (НИИ ОЭП) по методологии учета атмосферного ослабления при стендовых испытаниях оптико-электронной аппаратуры и **С.Ю. Белова** с соавторами (МГУ, ИФА) по разработке аппаратуры когерентного дистанционного зондирования атмосферы и земной поверхности в коротковолновом диапазоне радиоволн.

На Секции 7 “Характеристики волн, макроциркуляция и динамические взаимодействия в атмосферах Земли и других планет” было представлено 14 устных и 6 стендовых докладов. Тематика докладов на секции:

1. *Исследования общей циркуляции и планетарных волн.* В докладах К. Фрелих (K. Fröhlich) и Н. Самтлебен (N. Samtleben) с К. Якоби (Ch. Jacobi) из Германии рассмотрены долгосрочные прогнозы погоды, получаемые при помощи Немецкой системы климатического прогнозирования, объединяющей несколько глобальных моделей, и влиянию сезонного усиления гравитационных волн на циркуляцию стратосферы и мезосферы. Ряд докладов на секции был посвящен моделированию различных процессов в атмосфере, в том числе: динамических процессов в верхней атмосфере (**Д.В. Кулямин**, ИВМ РАН); зимнего климата в Восточной Азии (**Сю Люян и др.** (Luyang Xu), Китай); осцилляции Маддена-Джулиана (ОМД) и ее влияния на динамические процессы во внетропической атмосфере (**К.К. Кандиева** с соавторами, РГГМУ); откликов стратосферы на разные фазы ЭНЮК (**Т.С. Ермакова** и др., РГГМУ); влияния фаз КДК на динамику стратосферы (**Е.В. Ракушина** с соавторами, РГГМУ). Доклад **Р.Ю. Лукьяновой** и **А.Е. Козловского** (ГЦ РАН) посвящен анализу изменчивости термодинамического режима авроральной мезосферы по данным радара SKiYMET, а доклад **А.В. Коваля и др.** (СПбГУ, РГГМУ) исследовано влияние солнечной активности на распространение нормальных атмосферных мод в термосфере.

2. *Исследования атмосферных глобальных колебаний.* В докладах **исследователей СПбГУ под руководством Г.М. Шведа** исследована генерация длиннопериодных собственных колебаний Земли атмосферными движениями и выполнен анализ микробарографических наблюдений с целью обнаружения собственных колебаний атмосферы с периодами короче 6 часов.

3. *Исследования акустико-гравитационных волн и турбулентности.* В докладе **Н.М. Гаврилова и С.П. Кшевецкого** (СПбГУ) показана возможность проникновения акустико-гравитационных мод от сверхзвукового возбуждения на земной поверхности в верхние слои атмосферы. Доклад **Ю.А. Курдяевой** и др. (СПбГУ) посвящен исследованию корректности задачи о численном моделировании распространения акустико-гравитационных волн в атмосфере от вариаций атмосферного давления на поверхности Земли. В докладе **В.М. Краснова** и др. (ВКА, РГГМУ) сделан обзор исследований реакции ионосферы на сейсмические колебания земной поверхности. Доклад **В.И. Сивцевой** и др. (ИКИА СО РАН) посвящен сезонным вариациям ВГВ в области мезопаузы по наблюдениям вариаций ночных свечений в восточной Сибири. В докладе **О.П. Борчевкиной** и др. (БФУ, Фил. ИЗМИРАН) исследовано влияние сильных метеорологических штормов на ионосферу в восточной Европе. В докладе **Н.М. Гаврилова (СПбГУ) и К. Якоби** (Германия) сделано сравнение многолетних измерений внутренних гравитационных волн метеорным радаром и методом дрейфа ионосферных неоднородностей в Кольме. В докладе **А.А. Попова** и др. (СПбГУ; ИИ, Казахстан;

РГГМУ) выполнен анализ многолетних изменений температуры нижней термосферы по наблюдениям ночного свечения гидроксила в Алма-Ате.

Программа Секции 8 “**Структура и состав средней и верхней атмосферы Земли и других планет**” включала 15 устных и 2 стендовых доклада. В них был рассмотрен широкий круг задач исследования газового состава и температуры средней и верхней атмосферы Земли и других планет. По тематике исследований их можно подразделить на 4 группы: 1) изменение содержания озона по результатам измерений и моделирования; 2) моделирование изменчивости состояния ионосферы; 3) изменчивость температуры верхней мезосферы; 4) влияние атмосферного электричества на состав и структуру атмосферы.

В докладах первой группы основное внимание уделялось наблюдаемой изменчивости общего содержания озона зимой 2015–2016 гг., когда отмечалось необычно низкое содержание озона в северной части Евразии. Анализ результатов измерений и моделирования, представленный в докладах **М.П. Никифоровой** (КФУ) с соавторами (ЦАО), **Е.П. Кропоткиной** и др. (ФИРАН), **Ю.Ю. Куликова** (ИПФ РАН) с коллегами из ИОА СО РАН, СПбГУ и ЦАО и **С.П. Смышляева, М.А. Моцакова** (РГГМУ) с коллегами из СПбГУ и Технологического института Карлсруэ, показал, что основную роль в наблюдаемых низких содержаниях озона в течение зимы играют динамические процессы, хотя и весеннее уменьшение озона являлось значительным. В докладе **В.А. Зубова** (ГГО) обсуждалась методика краткосрочного прогноза общего содержания озона на основе использования статистических процедур.

В докладах второй группы значительное внимание уделялось влиянию внезапных стратосферных потеплений на состав и структуру ионосферы. В докладе **Д.В. Кулямина** и др. (ИВМ РАН) обсуждались численные аспекты моделирования физических и химических процессов в ионосфере. В докладах **В.А. Юдина** (V.A. Yudin) с коллегами (США) и **Ф.С. Бессараба** и др. (ВО ИЗМИРАН РАН) были представлены результаты моделирования возмущения ионосферы под воздействием внезапных стратосферных потеплений, а также геомагнитных событий.

При анализе особенностей изменчивости температуры мезопазузы в представленных докладах **Медведева И.В.** (ИСЗФ СО РАН) и **А.И. Семенова** (ИФА РАН) и трех докладах коллектива авторов из ИКФИА СО РАН основное внимание уделялось межгодовым колебаниям температуры, особенно под воздействием внезапных стратосферных потеплений. Кроме того, обсуждалось изменение содержания гидроксильных радикалов и их эмиссий, а также влияние геомагнитной активности на возбуждение гидроксильных радикалов.

В докладах **И.А. Мироновой** (СПбГУ) и **Л.И. Коломеец и С.П. Смышляева** (РГГМУ), посвященных влиянию электричества на состав и структуру атмосферы, основное внимание обращалось на влияние молниевых эффектов на содержание атмосферных газов и температуру нижней атмосферы и ионосферы.

В 4-х докладах, представленных на 9-ой Секции “**Фотохимия и кинетика возбужденных состояний атомов и молекул и неравновесное излучение в атмосфере Земли и других планет**”, были рассмотрены следующие научные проблемы:

1. В докладе **Р. Ranka** (США) с коллегами из Германии и Франции представлена новая неравновесная модель ночных ОН и СО₂ ИК эмиссий в мезосфере-нижней термосфере.

2. Детальная модель неравновесного заселения колебательных уровней молекулы СО₂ и СО в марсианской тропосфере рассмотрена в докладе **В.П. Огибалова и Г.М. Шведа** (СПбГУ).

3. Фотохимии неравновесно заселенных электронно-колебательно возбужденных уровней молекулы кислорода в мезосфере и нижней термосфере Земли (МНТ регион) был посвящен доклад **В.А. Янковского и Р.О. Мануйловой** (СПбГУ).

4. В докладе **С.В. Дышлевского** (МГИМО МИД) и **Ю.Е. Беликова** (ИПГ) на основе решения уравнения переноса излучения для сферической атмосферы моделируются потоки излучения в водородной линии Лайман-альфа в D-области.

2. Научные проблемы, решению которых способствовало данное мероприятие

Проведение МСАРД-2017 позволило широко распространить информацию о последних достижениях и стимулировать дальнейшие исследования в следующих областях:

1. Развитие в российских научных организациях работ по дистанционному атмосферному зондированию, определению содержания в атмосфере малых газовых составляющих и аэрозоля, играющих важную роль в климатических процессах. Этому способствует восстановление российской группировки спутников гидрометеорологического назначения с новыми приборами высокого спектрального и пространственного разрешения, в частности ИК фурье-спектрометра ИКФС-2. Благодаря этому в ряде организаций (СПбГУ, НИЦ «Планета», ИФА РАН, ГНЦ «Центр Келдыша» и др.) формируются научные коллективы высококвалифицированных специалистов, способные решать самые сложные задачи упомянутого научного направления. Все больше внимания уделяется совместному использованию данных спутникового, наземного и самолетного зондирования.

2. Исследования прямого и косвенного влияния атмосферного аэрозоля на радиационный режим атмосферы, которые по-прежнему остаются актуальными.

3. Исследования радиационного режима облачной атмосферы, крупномасштабного взаимодействия аэрозоля и облачности, параметризация радиационных характеристик различных форм облачности.

4. Решение актуальных задач изменчивости состава и структуры средней и верхней атмосферы и возникающими обратными связями между физическими и химическими процессами.

3. Степень влияния российских ученых на решение упомянутых задач

Большая часть российских работ ориентирована на решение национальных задач, где степень влияния российских учёных велика. Вклад российских ученых довольно большой в исследования черного углерода в Арктике и радиационного режима задымленной атмосферы. Новые оригинальные результаты получены при исследовании гигроскопических свойств биоаэрозолей. Вклад российских ученых заметно возрос за последние годы или значителен в решении следующих задач:

1. Атмосферная спектроскопия высокого спектрального разрешения и получение большого объема новой уникальной информации о составе атмосферы в связи с появлением новой аппаратуры (Фурье-спектрометров высокого спектрального разрешения) в Санкт-Петербурге, Екатеринбурге и Томске. В 2016 г. станция наблюдений газового состава атмосферы в Петербурге (Петергоф), первая из российских, включена в международную наблюдательную сеть IRWG NDACC.

2. Исследования по калибровке и валидации спутниковых данных и информационных продуктов, чему способствует запуск нового отечественного метеоспутника серии «Метеор-М».

Степень влияния российских ученых на решение задач, интересующих мировое научное сообщество, невелика, но соответствует доли финансовых и трудовых затрат, затраченных в мире на подобные исследования. Однако многие исследования проводятся совместно российскими и зарубежными учеными, во многих активное участие принимают молодые российские ученые, что способствует развитию научных кадров по данному направлению.

4. Оценка обеспеченности данного научного направления научными кадрами и научным оборудованием

Является критичным не количество исследователей в этой области, а условия их работы и прежде всего финансирование, которое оказывается недостаточным. Отметим, что это обстоятельство ограничивает и возможность участия в международных конференциях, финансирование обмена кадрами и т.п. Только часть работ поддержана грантами РФФИ. Главная проблема – старение науки в России. Из-за отсутствия адекватного финансирования число студентов и аспирантов в направлениях, в которых российская научная школа имеет приоритет, постоянно снижается в последние 15 лет. Поэтому обеспеченность данного научного направления научными кадрами неудовлетворительная, особенно молодыми специалистами.

Чрезвычайно низкая аппаратная обеспеченность (за исключением вычислительной техники) исследований в области атмосферной радиации в России не соответствует не только западным развитым странам (США, ФРГ, Франция, Япония и т.д.), но и многим странам Азии и Латинской Америки. Какой-то прогресс наблюдается только благодаря самоотверженной работе немногочисленных коллективов ученых различных ведомств (ИФА, СПбГУ, ЦАО, ГГО, Центр Келдыша, ИОА, ИКИ, ИЭМ, ФИ РАН и т.д.).