

Российская академия наук  
Сибирское отделение  
**ОПТИКА АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА**

Том 37, № 2 февраль, 2024

Научный журнал

Основан в январе 1988 года академиком В.Е. Зуевым

Выходит 12 раз в год

**Главный редактор**

член-корреспондент РАН И.В. Пташник, Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева (ИОА) СО РАН,  
г. Томск, Россия

**Заместители главного редактора**

доктор физ.-мат. наук Б.Д. Белан, ИОА СО РАН, г. Томск, Россия

доктор физ.-мат. наук Ю.Н. Пономарев, ИОА СО РАН, г. Томск, Россия

**Ответственный секретарь**

доктор физ.-мат. наук В.А. Погодаев, ИОА СО РАН, г. Томск, Россия

**Редакционная коллегия**

Багаев С.Н., академик РАН, Институт лазерной физики (ИЛФ) СО РАН, г. Новосибирск, Россия;

Банах В.А., д.ф.-м.н., ИОА СО РАН, Томск, Россия;

Белов В.В., д.ф.-м.н., ИОА СО РАН, Томск, Россия;

Букин О.А., д.ф.-м.н., Морской государственный университет им. адмирала Г.И. Невельского, г. Владивосток, Россия;

Вигасин А.А., д.ф.-м.н., Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова (ИФА) РАН, Москва, Россия;

Гейнц Ю.Э., д.ф.-м.н., ИОА СО РАН, Томск, Россия;

Голицын Г.С., академик РАН, ИФА РАН, г. Москва, Россия;

Еланский Н.Ф., чл.-кор. РАН, ИФА РАН, г. Москва, Россия;

Землянов А.А., д.ф.-м.н., ИОА СО РАН, Томск, Россия;

Кандидов В.П., д.ф.-м.н., Международный лазерный центр МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия;

Кулмала М. (Kulmala M.), проф., академик Академии наук Финляндии, Университет г. Хельсинки, Финляндия;

Лукин В.П., д.ф.-м.н., ИОА СО РАН, г. Томск, Россия;

Михайлов Г.А., чл.-кор. РАН, Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия;

Млавер Е. (Mlawer E.), докт. филос., Агентство исследований атмосферы и окружающей среды, г. Лексингтон, США;

Панченко М.В., д.ф.-м.н., ИОА СО РАН, Томск, Россия;

Перевалов В.И., д.ф.-м.н., ИОА СО РАН, Томск, Россия;

Ражев А.М., д.ф.-м.н., ИЛФ СО РАН, г. Новосибирск, Россия;

Рейтебух О. (Reitebuch O.), докт. философии, Аэрокосмический центр Германии, Институт атмосферной физики,  
г. Мюнхен, Германия;

Семенов В.А., академик РАН, ИФА РАН, Москва, Россия;

Суторихин И.А., д.ф.-м.н., Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия;

Тарасенко В.Ф., д.ф.-м.н., Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия;

Третьяков М.Ю., д.ф.-м.н., Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия;

Тригуб М.В., д.т.н., ИОА СО РАН, Томск, Россия;

Тютчев В.Г., д.ф.-м.н., Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия;

Циас Ф. (Ciais P.), проф., Лаборатория климатических наук и окружающей среды совместного научно-исследовательского подразделения Комиссариата атомной энергии и Национального центра научных исследований Франции, г. Жиф-сюр-Иветт, Франция;

Шабанов В.Ф., академик РАН, Красноярский научный центр СО РАН, г. Красноярск, Россия;

Шайн К. (Shine K.P.), нобелевский лауреат, член Английской академии наук, королевский профессор метеорологических и климатических наук, Университет г. Рединга, Великобритания

**Редакционный совет**

Бобровников С.М., д.ф.-м.н., ИОА СО РАН, Томск, Россия;

Головацкая Е.А., д.б.н., Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия;

Заворуев В.В., д.б.н., Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск, Россия;

Игнатьев А.Б., д.т.н., Публичное акционерное общество «Научно-производственное объединение «Алмаз» им. академика  
А.А. Расплетина, г. Москва, Россия;

Михалев А.В., д.ф.-м.н., Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия;

Полонский А.Б., чл.-кор. РАН, Институт природно-технических систем, г. Севастополь, Россия;

Сафатов А.С., д.т.н., Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора,  
р.п. Кольцово Новосибирской обл., Россия;

Тимофеев Ю.М., д.ф.-м.н., Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия;

Шевченко В.П., к.г.-м.н., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия;

**Зав. редакцией** к.г.н. Е.М. Панченко, ИОА СО РАН, г. Томск, Россия

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН  
Россия, 634055, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1.

Адрес редакции, издательства: 634055, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1. Тел. (382-2) 49-24-31, 49-19-28; факс (382-2) 49-20-86  
E-mail: journal@iao.ru; http://www.iao.ru

© Сибирское отделение РАН, 2024

© Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, 2024

# СОДЕРЖАНИЕ

Том 37, № 2 (421), с. 91–184

февраль, 2024 г.

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ВЫПУСК

по материалам МСАРД-2023

под редакцией доктора физико-математических наук **Ю.М. Тимофеева**

Предисловие .....	93
Балугин Н.В., Маричев В.Н., Юшков В.А., Фомин Б.А., Бочковский Д.А. Аэрозольное зондирование тропосферы и стратосферы с помощью лидарных и аэрологических технологий .....	95
Блошинский В.Д., Крамарева Л.С., Шаилова Ю.А. Детектирование облачного покрова с использованием нейронной сети по данным прибора МСУ-ГС космического аппарата «Арктика-М» № 1 .....	99
Брюханов И.Д., Кучинская О.И., Ни Е.В., Пензин М.С., Животенюк И.В., Дорошкевич А.А., Кириллов Н.С., Стыкон А.П., <u>Брюханова В.В.</u> , Самохвалов И.В. Оптические и геометрические характеристики облаков верхнего яруса по данным лазерного поляризационного зондирования 2009–2023 гг. в Томске .....	105
Власенко С.С., Михайлова А.С., Иванова О.А., Небосько Е.Ю., Михайлов Е.Ф., Рышкевич Т.И. Пространственное распределение потенциальных источников углеродсодержащих аэрозолей в Центральной Сибири .....	114
Гущин Р.А., Горчаков Г.И., Карпов А.В., Даценко О.И. Вертикальное распределение сальтирующих частиц в ветропесчаном потоке .....	121
Коновалов И.Б., Головушкин Н.А. Модельный анализ механизмов формирования полупрямого радиационного эффекта сибирского дымового аэрозоля в Арктике. ....	127
Лифарь В.Д., Диденко К.А., Коваль А.В., Ермакова Т.С. Численное моделирование влияния фаз КДК и ЭНЮК на распространение планетарных волн и формирование внезапного стратосферного потепления .....	138
Лукьянов А.Н., Юшков В.А., Вязанкин А.С. Траекторный анализ вариаций озonoактивных компонентов внутри арктического стратосферного вихря с использованием данных реанализа M2-SCREAM .....	145
Минкин А.С., Николаева О.В. Распознавание облаков на гиперспектральных спутниковых изображениях с использованием объяснимой модели машинного обучения .....	149
Усачева М.А., Смышляев С.П., Зубов В.А., Розанов Е.В. Моделирование изменений климата и вариаций атмосферного озона с 1980 по 2020 г. с помощью химико-климатической модели SOCOLv3 .....	158
Хуторова О.Г., Маслова М.В., Хуторов В.Е. Влияние сильной конвекции в летний период на характеристики атмосферы, полученные по данным ГНСС-мониторинга .....	163
Шиховцев А.Ю., Ковадло П.Г. Статистические оценки содержания водяного пара и оптической толщи атмосферы по данным реанализа и радиозондирования применительно к миллиметровым телескопам .....	169
Бусыгин В.П., Кузьмина И.Ю. Пропускание лазерного излучения кристаллическими облаками на трассах «земля – космос» .....	176
Информация .....	184

## CONTENTS

Vol. 37, No. 2 (421), p. 91–184

February 2024

<b>Preface</b> .....	93
<b>Balugin N.V., Marichev V.N., Yushkov V.A., Fomin B.A., Bochkovskiy D.A.</b> Aerosol sounding of the troposphere and stratosphere by lidar and aerological technologies .....	95
<b>Bloshchinskiy V.D., Kramareva L.S., Shamilova Yu.A.</b> Cloud cover detection using a neural network based on MSU-GS instrument data of Arktika-M No 1 satellite .....	99
<b>Bryukhanov I.D., Kuchinskaia O.I., Ni E.V., Penzin M.S., Zhivotenyuk I.V., Doroshkevich A.A., Kirillov N.S., Stykon A.P., <u>Bryukhanova V.V.</u>, Samokhvalov I.V.</b> Optical and geometrical characteristics of high-level clouds from the 2009–2023 data on laser polarization sensing in Tomsk .....	105
<b>Vlasenko S.S., Mikhailova A.S., Ivanova O.A., Nebosko E.Yu., Mikhailov E.F., Ryshkevich T.I.</b> Spatial distribution of potential sources of carbonaceous aerosols in central Siberia. ....	114
<b>Gushchin R.A., Gorchakov G.I., Karpov A.V., Datsenko O.I.</b> Vertical distribution of saltating particles in a windsand flux. ....	121
<b>Konovalov I.B., Golovushkin N.A.</b> Model analysis of the formation of the semi-direct radiative effect of Siberian biomass burning aerosol in the Arctic .....	127
<b>Lifar V.D., Didenko K.A., Koval A.V., Ermakova T.S.</b> Numerical simulation of QBO and ENSO phase effect on the propagation of planetary waves and the evolvement of sudden stratospheric warming. ....	138
<b>Lukyanov A.N., Yushkov V.A., Vyazankin A.S.</b> Trajectory analysis of variations in ozone-active components inside the Arctic stratospheric vortex using M2-SCREAM reanalysis data .....	145
<b>Minkin A.S., Nikolaeva O.V.</b> Cloud recognition in hyperspectral satellite images using an explainable machine learning model .....	149
<b>Usacheva M.A., Smyshlyaev S.P., Zubov V.A., Rozanov E.V.</b> Modelling the climate changes and atmospheric ozone variations in XX–XXI by CCM SOCOLv3 .....	158
<b>Khutorova O.G., Maslova M.V., Khutorov V.E.</b> Effects of strong convection in summer on atmospheric characteristics derived from GNSS monitoring data .....	163
<b>Shikhovtsev A.Yu., Kovadlo P.G.</b> Statistical estimations of the vapor content and optical thickness of the atmosphere using reanalysis and radiosonde data as applied to millimeter telescopes .....	169
<b>Busygin V.P., Kuzmina I.Yu.</b> Transmission of laser pulses through crystalline clouds at “earth–space” paths. ....	176
<b>Information</b> .....	184