

Российская академия наук  
Сибирское отделение

# ОПТИКА АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА

Том 28, № 1 январь, 2015

Научный журнал

Основан в январе 1988 года академиком В.Е. Зуевым

Выходит 12 раз в год

## Главный редактор

доктор физ.-мат. наук Г.Г. Матвиенко

## Заместители главного редактора

доктор физ.-мат. наук Б.Д. Белан,

доктор физ.-мат. наук Ю.Н. Пономарев

## Ответственный секретарь

доктор физ.-мат. наук В.А. Погодаев

## Редакционная коллегия

*Багаев С.Н.*, академик РАН, Институт лазерной физики (ИЛФ) СО РАН, г. Новосибирск, Россия;  
*Банах В.А.*, д.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева (ИОА) СО РАН, г. Томск, Россия;  
*Белов В.В.*, д.ф.-м.н., ИОА СО РАН, г. Томск, Россия;  
*Букин О.А.*, д.ф.-м.н., Дальневосточная морская академия им. адмирала Г.И. Невельского, г. Владивосток, Россия;  
*Голицын Г.С.*, академик РАН, Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова (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, г. 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., руководитель Отдела атмосферных наук кафедры физики, 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;  
*Павлов В.Е.*, д.ф.-м.н., Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия;  
*Панченко М.В.*, д.ф.-м.н., ИОА СО РАН, г. Томск, Россия;  
*Ражев А.М.*, д.ф.-м.н., ИЛФ СО РАН, г. Новосибирск, Россия;  
*Тарасенко В.Ф.*, д.ф.-м.н., Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия;  
*Шабанов В.Ф.*, академик РАН, Красноярский научный центр СО РАН, г. Красноярск, Россия;  
*Шайн К. (Shine K.P.)*, член Английской академии наук, королевский профессор метеорологических и климатических наук, Департамент метеорологии, Университет г. Рединга, Великобритания;  
*Циас Ф. (Ciais P.)*, проф., научный сотрудник Лаборатории климатических наук и окружающей среды совместного научно-исследовательского подразделения Комиссариата атомной энергии и Национального центра научных исследований (НЦНИ) Франции, г. Жиф-сюр-Иветт, Франция

## Совет редколлегии

*Борисов Ю.А.*, к.ф.-м.н., Центральная аэрологическая обсерватория, г. Долгопрудный Московской обл., Россия;  
*Заворуев В.В.*, д.б.н., Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск, Россия;  
*Ивлев Л.С.*, д.ф.-м.н., Научно-исследовательский институт физики им. В.А. Фока при СПбГУ, г. Санкт-Петербург, Россия;  
*Игнатьев А.Б.*, д.т.н., ГСКБ концерна ПВО «Алмаз-Антей» им. академика А.А. Расплетина, г. Москва, Россия;  
*Кабанов М.В.*, чл.-кор. РАН, Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия;  
*Михалев А.В.*, д.ф.-м.н., Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия;  
*Якубов В.П.*, д.ф.-м.н., Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

**Зав. редакцией** С.Б. Пономарева

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН  
Россия, 634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1

Адрес редакции: 634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1  
Тел. (382-2) 49-24-31, 49-19-28; факс (382-2) 49-20-86  
E-mail: psb@iao.ru  
<http://www.iao.ru>

© Сибирское отделение РАН, 2015

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, 2015

# СОДЕРЖАНИЕ

Том 28, № 1 (312), с. 1–102

январь, 2015 г.

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛН

- Банах В.А., Разенков И.А., Смалихо И.Н.** Аэрозольный лидар для исследования усиления обратного атмосферного рассеяния. I. Компьютерное моделирование ..... 5

## СПЕКТРОСКОПИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Лукашевская А.А., Люлин О.М., Pettin A., Перевалов В.И.** Глобальное моделирование центров спектральных линий молекулы  $\text{NO}_2$  ..... 12
- Воронин Б.А., Юрченко С.Н., Воронина С.С., Козодоев А.В., Tennyson J.** Новая поверхность потенциальной энергии  $\text{ND}^{16}\text{O}$  для расчета высоковозбужденных состояний типа  $nv_3$  и  $v_1 + nv_3$  ..... 28
- Солодов А.М., Петрова Т.М., Солодов А.А., Стариков В.И.** Фурье-спектроскопия водяного пара, находящегося в объеме нанопор аэрогеля. Часть 2. Расчет уширений и сдвига спектральных линий при столкновениях с адсорбированными молекулами ..... 33

## ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ, ГИДРОСФЕРЫ И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

- Бабченко С.В., Матвиенко Г.Г., Суханов А.Я.** Оценки возможностей зондирования парниковых газов  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  над подстилающей поверхностью IPDA лидаром космического базирования ..... 37
- Шишигин С.А., Баландин С.Ф.** Исследование корреляционного метода измерения содержания  $\text{N}_2\text{O}$  в слоях атмосферы со спутника ..... 46

## АТМОСФЕРНАЯ РАДИАЦИЯ, ОПТИЧЕСКАЯ ПОГОДА И КЛИМАТ

- Антохина О.Ю., Антохин П.Н., Кочеткова О.С., Мордвинов В.И.** Летняя циркуляция атмосферы Северного полушария в периоды сильного и слабого муссона Восточной Азии ..... 52
- Комаров В.С., Матвиенко Г.Г., Ильин С.Н., Ломакина Н.Я.** Оценка локальных особенностей долговременного изменения облачного покрова над территорией Сибири с использованием результатов ее климатического районирования по режиму общей и нижней облачности ..... 59

## ОПТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И БАЗЫ ДАННЫХ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

- Уткузова Д.Н., Хан В.М., Вильфанд Р.М.** Статистический анализ эпизодов экстремальной засухливости и увлаженности на территории РФ ..... 66
- Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И.** Сезонные изменения параметров атмосферы в г. Душанбе по данным AERONET ..... 76
- Головки В.В., Куценогий К.П., Истомин В.Л.** Определение объема и плотности пылевых зерен анемофильных растений, произрастающих в Новосибирской области ..... 86
- Архипов В.А., Жарова И.К., Козлов Е.А., Ткаченко А.С.** Прогнозирование экологических последствий распространения облака токсичных аэрозолей в районах падения отработанных ступеней ракет-носителей ..... 89

## ИСТОЧНИКИ И ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Филонов А.Г., Шиянов Д.В.** Двухсекционный лазер на парах бромида меди ..... 94

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Вострецов Н.А., Жуков А.Ф.** Пригодность критерия аппроксимации для распределения плотности вероятностей флуктуаций излучения сфокусированного лазерного пучка в снегопадах ..... 98
- Персоналии** ..... 100

## CONTENTS

Vol. 28, No. 1 (312), p. 1–102

January 2015

### Optical wave propagation

- Banakh V.A., Razenkov I.A., Smalikho I.N.** Aerosol lidar for study of the backscatter amplification in the atmosphere. Part I. Computer simulation. . . . . 5

### Spectroscopy of ambient medium

- Lukashevskaya A.A., Lyulin O.M., Perrin A., Perevalov V.I.** Global modeling of NO<sub>2</sub> central line positions . . . . . 12
- Voronin B.A., Yurchenko S.N., Voronina S.S., Kozodoev A.V., Tennyson J.** Effective potential energy surface of HD<sup>16</sup>O for calculation of highly excited states of  $nv_3$  and  $v_1 + nv_3$  types. . . . . 28
- Solodov A.M., Petrova T.M., Solodov A.A., Starikov V.I.** Fourier-spectroscopy of water vapor in the volume of aerogel nanopores. Part 2. Calculation of broadening and shift of spectral lines by adsorbed molecules. . . . . 33

### Remote sensing of atmosphere, hydrosphere, and underlying surface

- Babchenko S.V., Matvienko G.G., Sukhanov A.Ya.** Estimation of sensing possibility of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> greenhouse gases above underlying surface with a spaceborne IPDA lidar . . . . . 37
- Shishigin S.A., Balandin S.F.** Study of the correlation technique for measurements of N<sub>2</sub>O content in atmospheric layers from a satellite . . . . . 46

### Atmospheric radiation, optical weather, and climate

- Antokhina O.Yu., Antokhin P.N., Kochetkova O.S., Mordvinov V.I.** Summer atmospheric circulation of the Northern hemisphere in strong and weak East Asian summer monsoon periods. . . . . 52
- Komarov V.S., Matvienko G.G., Il'in S.N., Lomakina N.Ya.** Evaluation of local features of long-term changes in cloud cover over the territory of Siberia from results of climatic zoning according to total and low cloudiness conditions. . . . . 59

### Optical models and databases

- Utkuzova D.N., Han V.M., Vil'fand R.M.** Statistical analysis of extreme drought and wet conditions in Russia . . . . . 66
- Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I.** Seasonal variations of atmospheric parameters in Dushanbe according to AERONET data . . . . . 76
- Golovko V.V., Kutsenogii K.P., Istomin V.L.** Determination of volume and density of pollen grains of anemophyle plants in Novosibirsk region . . . . . 86
- Arkhipov V.A., Zharova I.K., Kozlov E.A., Tkachenko A.S.** Prediction of ecological consequences of toxic aerosol clouds spreading in the fall areas of waste booster stages . . . . . 89

### Optical sources and receivers for environmental studies

- Filonov A.G., Shiyanov D.V.** Two-section bromide vapor laser . . . . . 94

### Communications

- Vostretsov N.A., Zhukov A.F.** The criterion approximation suitability for distribution of the probability densities of fluctuations of focused laser beams in snowfalls. . . . . 98
- Personalia** . . . . . 100

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛН

УДК 353.361:551.6:621.371

# Аэрозольный лидар для исследования усиления обратного атмосферного рассеяния.

## I. Компьютерное моделирование

**В.А. Банах, И.А. Разенков, И.Н. Смалихо\***

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН  
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1*

Поступила в редакцию 25.07.2014 г.

Представлены результаты компьютерного моделирования работы аэрозольного лидара с двумя приемными каналами для исследования эффекта усиления мощности обратно рассеянного в атмосфере излучения. Моделирование осуществлено с учетом несоосности приема рассеянного излучения в одном из приемных каналов. Определены требования к параметрам приемопередающей оптики лидара и геометрии измерительных трасс, обеспечивающие регистрацию эффекта усиления мощности обратно рассеянного излучения. Показано, что при небольших приемных апертурах коэффициент усиления мощности сигнала обратного атмосферного рассеяния на трассах протяженностью более 1 км может достигать значений, превышающих 1,4.

**Ключевые слова:** усиление обратного рассеяния, турбулентная атмосфера, несоосный прием; backscatter amplification, turbulent atmosphere, non-axial receiving.

### Введение

Известно, что на трассах с отражением в случайно-неоднородных средах средняя интенсивность отраженной волны в направлении «строго назад» на источник может превышать интенсивность отраженной волны в той же точке в однородной среде [1–4]. Возрастание средней интенсивности отраженной волны в строго обратном направлении в случайной среде по сравнению с интенсивностью отраженной волны в однородной среде, получившее название эффекта усиления обратного рассеяния (УОР) [1, 2], обусловлено корреляцией прямой и обратной волн, проходящих при распространении одни и те же случайные неоднородности среды.

В [4] отмечается, что при моностатической схеме приема за счет УОР возможно увеличение не только средней интенсивности, но и средней мощности отраженной волны по сравнению с бистатической схемой приема, если соответствующим образом подобрать размеры фотоприемника, устанавливаемого в фокальной плоскости приемопередающего телескопа. В [5, 6], где обсуждаются результаты численных исследований влияния оптической турбулентности на работу когерентных доплеровских ветровых лидаров, показано, что и при когерентном приеме может происходить увеличение мощности эхосигнала лидара за счет корреляции зондирующего и рассеянного излучения.

В [7, 8] А.С. Гурвич провел анализ мощности обратно рассеянной в турбулентной атмосфере сферической волны для режима слабых флуктуаций интенсивности и предложил использовать эффект усиления обратного рассеяния для лидарного измерения интенсивности оптической турбулентности. В [9] представлены первые результаты экспериментальных исследований усиления мощности обратно рассеянного в атмосфере лазерного излучения с использованием лидарной схемы, предложенной в [8]. Результаты теоретических исследований усиления мощности обратно рассеянного в атмосфере оптического излучения представлены также в работах [10–12].

В [13] предложена схема построения аэрозольного лидара для регистрации усиления мощности сигнала обратного атмосферного рассеяния. В отличие от [8, 9], где оптическая схема лидарного устройства включает два передающих канала и один приемный, в [13] предложено использовать один передающий канал и два приемных. Один из приемных каналов совмещен с передающим каналом, приемник второго канала смещен в поперечной плоскости относительно оси первого приемопередающего канала на расстояние, на котором эхосигналы, регистрируемые в обоих каналах, становятся некоррелированными. Приемный канал, совмещенный с передающим, будем называть соосным, второй приемный канал, приемник которого смещен относительно оси зондирующего пучка, — несоосным. Отношение мощностей эхосигналов, регистрируемых в соосном и несоосном приемных каналах, определяет величину усиления мощности обратного атмосферного рассеяния, возникающего за счет корреляции зондирующего

\* Виктор Арсентьевич Банах (banakh@iao.ru); Игорь Александрович Разенков (lidaroff@iao.ru); Игорь Николаевич Смалихо (smalikho@iao.ru).