

А

**Российская академия наук
Сибирское отделение**

ОПТИКА АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА

Том 27, № 7 июль, 2014

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, 2014

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, 2014

А

СОДЕРЖАНИЕ

Том 27, № 7 (306), с. 569–656

июль, 2014 г.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ВЫПУСК

«Всероссийская конференция по математике и механике»

Под редакцией доктора физико-математических наук **В.В. Белова**

Предисловие	571
Сушкевич Т.А., Стрелков С.А., Максакова С.В. 60 лет от первого совещания по ИСЗ до современных систем дистанционного зондирования и мониторинга Земли из космоса: информационно-математический аспект (история и перспективы)	573
Толпин В.А., Лупян Е.А., Барталёв С.А., Плотников Д.Е., Матвеев А.М. Возможности анализа состояния сельскохозяйственной растительности с использованием спутникового сервиса «ВЕГА»	581
Малахов Д.В., Исламгулова А.Ф. Параметрическое дешифрирование изображений пастбищ: опыт применения данных дистанционного зондирования низкого и среднего разрешения	587
Козодеров В.В., Дмитриев Е.В., Каменцев В.П. Когнитивные технологии обработки оптических изображений высокого пространственного и спектрального разрешения	593
Протасов К.Т., Протасов К.К. Алгоритм распознавания образов по данным гиперспектральной съемки	601
Дагуров П.Н., Дмитриев А.В., Дымбрылов Ж.Б., Раднаева С.Б. Радиояркостная температура земных покровов, измеренная микроволновым радиометром SMOS, и задача восстановления влажности почвы	605
Чимитдоржиев Т.Н., Кирбижекова И.И., Быков М.Е. Исследование оползневых процессов и деформаций ландшафта полуострова Ямал методами радарной интерферометрии и текстурного анализа	610
Кашкин В.Б., Владимиров В.М., Клыков А.О. Зенитная тропосферная задержка сигналов ГЛОНАСС/GPS по спутниковым данным ATOVS	615
Тарасенков М.В., Белов В.В. Комплекс программ восстановления отражательных свойств земной поверхности в видимом и УФ-диапазонах	622
Энгель М.В., <u>Афонин С.В.</u> Программное обеспечение информационно-вычислительной системы расчета данных для проведения атмосферной коррекции спутниковых изображений	628
Томшин О.А., Соловьёв В.С. Исследование вариаций характеристик атмосферного аэрозоля, вызванных крупномасштабными лесными пожарами в Центральной Якутии (2002 г.)	634
Астафуров В.Г., Евсюткин Т.В., Курьянович К.В., Скороходов А.В. Статистическая модель текстурных признаков перистой облачности по спутниковым снимкам MODIS	640
Полищук Ю.М., Токарева О.С. Использование космических снимков для экологической оценки воздействия факельного сжигания попутного газа на нефтяных месторождениях Сибири	647
Катаев М.Ю., Бекеров А.А. Обнаружение экологических изменений природной среды по данным спутниковых измерений	652

CONTENTS

Preface	571
Sushkevich T.A., Strelkov S.A., Maksakova S.V. 60 years from the first meeting on the artificial Earth satellite to the modern systems of remote sensing and monitoring the Earth from space: information and mathematical aspect (history and prospects)	573

Tolpin V.A., Loupian E.A., Bartalev S.A., Plotnikov D.E., Matveev A.M. Possibilities of agricultural vegetation condition analysis with the “VEGA” satellite service	581
Malakhov D.V., Islamgulova A.F. The quantitative interpretation of pasture image parameters: an experience of low and moderate spatial resolution remotely sensed data application	587
Kozoderov V.V., Dmitriev E.V., Kamentsev V.P. Cognitive technologies for processing optical images of high spatial and spectral resolution	593
Protasov K.T., Protasov K.K. Algorithm of pattern recognition from the data of hyperspectral imaging	601
Dagurov P.N., Dmitriev A.V., Dymbrylov Zh.B., Radnaeva S.B. Earth’s surface brightness temperature measured by the microwave radiometer SMOS, and the problem of soil moisture recovering	605
Chimitdorzhiev T.N., Kirbizhekova I.I., Bykov M.E. Study of landslide processes and deformations of the landscape of the Yamal peninsula by radar interferometry and texture analysis.	610
Kashkin V.B., Vladimirov V.M., Klykov A.O. GLONASS/GPS zenith tropospheric delay based on satellite data ATOVS .	615
Tarasenkov M.V., Belov V.V. Software package for reconstruction of reflective properties of the Earth surface in visible and UV ranges	622
Engel’ M.V., Afonin S.V. Software for a computing system for satellite data correction	628
Tomshin O.A., Solovyev V.S. Studying of variations of atmospheric aerosol properties caused by large-scale forest fires in Central Yakutia (2002)	634
Astafurov V.G., Evsyutkin T.V., Kuriyanovich K.V., Skorokhodov A.V. Statistical model of cirrus cloud textural features based on MODIS satellite images	640
Polishchuk Yu.M., Tokareva O.S. The use of satellite images for ecological estimate of flare firing of gas at oil fidds of Siberia.	647
Kataev M.Yu., Bekerov A.A. Detection of ecological changes in the natural environment from satellite measurements	652

ПРЕДИСЛОВИЕ

В октябре 2013 г. в Национальном исследовательском Томском государственном университете состоялась Всероссийская конференция по математике и механике, посвященная 65-летию механико-математического факультета. Одна из 11 ее секций была посвящена проблемам тематической обработки спутниковых изображений. В ее работе приняли участие специалисты из Республики Казахстан (Алматы), из Красноярска, Улан-Удэ, Оренбурга, Якутска, Томска. Данный выпуск журнала включает статьи, написанные по материалам докладов, представленных на этой секции. Участвовать в нем были приглашены исследователи из г. Москвы (МГУ, ИВМ РАН, ИКИ РАН) и г. Твери. Исторический обзор работ, которые велись в этом направлении в СССР, сделан Т.А. Сушкевич с коллегами.

В тематический номер журнала включены статьи, посвященные вопросам построения сервисов, использующих спутниковые данные для оценки состояния сельскохозяйственной растительности (ИКИ РАН) и получения необходимой информации о состоянии атмосферы для коррекции ее негативного влияния на результаты интерпретации пассивного спутникового зондирования земной поверхности в оптическом диапазоне длин волн (ИОА СО РАН). Интересен опыт АО «Научный центр космических исследований и технологий» (Республика Казахстан) в параметрическом дешифрировании спутниковых изображений с привлечением подспутниковых наблюдений.

В поле зрения авторов выпуска были такие актуальные проблемы, как технология обработки оптических изображений высокого пространственного и спектрального разрешения (МГУ, ИВМ РАН, ТГУ (Тверь), ИОА СО РАН). Не менее важным вопросам теоретического обоснования и применения алгоритмов для обработки изображений в радиодиапазоне посвящены исследования, проводимые в ИФМ СО РАН (Улан-Удэ). Полученные результаты очень важны для создания современных методов оценки степени пожарной опасности в лесах, степях, торфяных залежах.

Данные спутниковой системы зондирования метеорологических параметров атмосферы ATOVS применялись для оценки зенитной тропосферной задержки сигналов ГЛОНАСС/GPS в исследованиях ученых из СФУ (Красноярск).

Результаты анализа спутниковых изображений с целью оценки воздействия антропогенных и природных факторов и явлений на экологическое состояние природной среды представлены в докладах сотрудников ИХН СО РАН, ТУСУР (Томск), ИКФИА СО РАН (Якутск).

Необходимо также отметить работу ученых ИОА СО РАН по созданию новой технологии атмосферной коррекции спутниковых изображений земной поверхности в оптическом диапазоне длин волн.

Что касается проблемы учета влияния атмосферы на характеристики аэрокосмических изображений земной поверхности в оптическом диапазоне длин волн, то ее решение должно предшествовать их тематической обработке. Поэтому позволю себе остановиться на этом вопросе еще раз, используя для примера данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) при оценке состояния растительных покровов. Известно, что дистанционные методы зондирования теоретически позволяют получать информацию об окружающей среде. Эти методы, как правило, являются косвенными, т.е. измеряются не конкретные параметры, характеристики, свойства объектов, а некоторые связанные с ними величины.

Пусть, например, нас интересует состояние растительных покровов. В оптическом диапазоне длин волн аппаратура спутника регистрирует в нескольких спектральных интервалах энергетические характеристики световых потоков, исходящих от элементов земной поверхности и прошедших атмосферу. Для того чтобы извлечь из этих данных информацию об объекте наблюдения, необходимо решить (с математической точки зрения) обратную задачу атмосферной оптики, т.е. определить те характеристики конкретного элемента растительных покровов, которые при данных условиях зондирования (направление и интенсивность солнечного излучения, ориентация приемной системы