

Министерство образования и науки Российской Федерации

Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского

Труды
XXII научной конференции
по радиофизике

(Нижний Новгород, 15-29 мая 2018 г.)

Нижний Новгород
2018

УДК 537.86 + 621.3
ББК 3841
Т-78

Труды XXII научной конференции по радиофизике (Нижний Новгород, 15-29 мая 2018 г.). Нижний Новгород: ННГУ, 2018. – 580 с.

Редколлегия:

В.В. Матросов (отв. ред.), С.В. Оболенский (зам. отв. ред.), Г.А. Баженова (отв. секр.),
М.И. Бакунов, С.А. Бельков, В.Г. Гавриленко, С.Н. Гурбатов, А.А. Дубков,
Е.С. Фитасов, А.В. Кудрин, А.А. Мальцев, Л.Ю. Ротков, А.Л. Умнов

В сборник включены материалы докладов 22-ой Конференции по радиофизике, проходившей 15-29 мая 2018 года на радиофизическом факультете Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (ННГУ). Тематика докладов охватывает основные научные направления, развиваемые на факультете. Работы выполнены сотрудниками, аспирантами и студентами ННГУ, а также сотрудниками научно-исследовательских институтов и высокотехнологичных предприятий Нижнего Новгорода. Издаётся по решению Ученого Совета радиофизического факультета ННГУ в рамках реализации Программы развития ННГУ как национального исследовательского университета и Программы повышения конкурентоспособности университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров (Проект 5-100).

Электронная версия сборника доступна по WWW-адресу:
<http://www.rf.unn.ru/rus/sci/books/18/>

ББК 3841

© Национальный исследовательский
Нижегородский госуниверситет
им. Н.И. Лобачевского, 2018

Ministry of Education and Science of the Russian Federation

National Research University
N.I. Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod

Proceedings
of the XXIst Scientific Conference
on Radiophysics

(Nizhni Novgorod, May 15-29, 2018)

Nizhni Novgorod
2018

Proceedings of the XX1st Scientific Conference on Radiophysics (Nizhni Novgorod, May 15-29, 2018). Nizhni Novgorod: UNN, 2018. – 580 p.

Editorial Board:

V.V. Matrosov (Editor-in-Chief), S.V. Obolensky (Executive Editor), G.A. Bazhenova (Secretary), M.I. Bakunov, S.A. Bel'kov, V.G. Gavrilenko, S.N. Gurbatov, A.A. Dubkov, E.S. Fitasov, A.V. Kudrin, A.A. Mal'tsev, L.Yu. Rotkov, and A.L. Umnov

The proceedings contain the papers presented at the 22nd Conference on Radiophysics (May 15-29, 2018, Nizhni Novgorod), which was organized by the Faculty of Radiophysics of the National Research Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod. The papers cover the main research directions of the faculty and have been contributed both by scientists and students of the university and by researchers from the academic institutes and hi-tech companies of Nizhni Novgorod. The proceedings have been approved by the Academic Council of the Faculty of Radiophysics and are published in accordance with the program of development of the university as a national research university and the Competitiveness Enhancement Program (the 5-100 Project).

Electronic version of the Proceedings is available at the web site:
<http://www.rf.unn.ru/rus/sci/books/18/>

© Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod
(National Research University), 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Секция «Электродинамика»	5
<i>В.Б. Гильденбург, И.А. Павличенко</i> Пространственно-временная эволюция периодических возмущений поля и плотности плазмы на нелинейной стадии ионизационно-полевой неустойчивости.....	6
<i>И.В. Осовицкая, В.А. Костин, Н.В. Введенский</i> Возбуждение и излучение остаточных токов со сложной пространственной структурой при ионизации газов интенсивными фемтосекундными импульсами.....	10
<i>А.А. Романов, А.А. Силаев, Н.В. Введенский</i> Генерация вторичного излучения при ионизации многоэлектронных атомов интенсивными лазерными импульсами.....	14
<i>И.И. Артеменко, Е.Н. Неруш, И.Ю. Костюков</i> Излучение ускоренных электронов в синхротрон-черенковском режиме.....	16
<i>Т.М. Волкова, И.Ю. Костюков, Е.Н. Неруш</i> Применение самоорганизующихся карт Кохонена для автоматизированного анализа результатов моделирования лазерно-плазменного ускорения электронов.....	18
<i>А.С. Николенко, М.Е. Гуцин</i> Экспериментальное исследование динамики плотной плазменной струи в замагниченной фоновой плазме.....	20
<i>П.А. Шилигин, А.А. Новожиллов, Т.Э. Абубакиров, Г.В. Геликонов, В.М. Геликонов</i> Дистанционная оценка подвижности рассеивающих частиц в вязкой среде оптическими методами.....	23
<i>П.А. Шилигин, Д.А. Терпелов, В.М. Геликонов, Г.В. Геликонов</i> Ахроматический фазовый модулятор для задач низкокогерентной интерферометрии.....	26
<i>И.В. Кузьмин, Е.И. Гачева, С.Ю. Миронов, А.К. Потемкин</i> Сохранение формы коротких лазерных импульсов в процессах генерации второй, третьей и четвертой гармоник ..	29
<i>А.О. Климин, И.В. Кузьмин, А.И. Павликов, А.П. Зиновьев</i> Исследование неоднородности поглощения в нелинейных кристаллах.....	31
<i>А.И. Павликов, А.П. Зиновьев, Г.А. Лучинин, А.О. Климин</i> Визуализация рельефа поверхности растущей грани кристалла группы KDP некогерентными оптическими методами.....	34
<i>С.А. Шандина, А.П. Зиновьев, А.И. Павликов</i> Исследование оптических свойств зольгель покрытий крупногабаритных элементов.....	37
<i>И.И. Карпов, А.П. Зиновьев, А.И. Павликов</i> Исследование лучевой стойкости кристаллов типа Kdp.....	41
Секция «Квантовая радиофизика и оптика»	47
<i>С.В. Курашкин, О.В. Мартынова, Д.В. Савин, Е.М. Гавришук, С.А. Родин, А.П. Савикин</i> Непрерывная лазерная генерация на $\text{Cr}^{2+}:\text{ZnSe}$ активных элементах с неоднородными профилями легирования.....	48
<i>К.Э. Сумачев, А.П. Савикин</i> Лазер на поликристалле $\text{Cr}^{2+}:\text{ZnSe}$ с электрооптическим селектором на эффекте покелльса.....	52
<i>М.А. Горчаков, А.В. Маругин, В.В. Шарков</i> Анализ физико-технических характеристик топливных соединений на основе регрессионной обработки спектральных данных...	55
<i>А.А. Кукинов, М.Н. Ивин</i> Устойчивость и радиовольтаические свойства органических комплексов Si, Zn и La.....	59

<i>О.В. Мартынова, С.В. Курашкин, А.П. Савикин, А.П. Зиновьев</i> Перестраиваемый Cr:cdse лазер с четырехзеркальным резонатором	61
Секция «Электроника».....	65
<i>К.А. Насеткин, А.С. Пузанов</i> Реакция микросхем с цепью автокомпенсации токов утечки на воздействие низкоинтенсивных проникающих излучений	66
<i>А.С. Пузанов</i> Расчет релаксации фототока в диодных структурах на основе расширенной диффузионно-дрейфовой модели при воздействии тяжелых заряженных частиц космического пространства и субпикосекундных лазерных импульсов	69
<i>И.Ю. Забавичев, А.А. Васин, А.А. Потехин, А.С. Пузанов, С.В. Оболенский</i> Особенности расчета макропараметров полупроводниковых материалов для различных моделей дефектообразования в некоторых полупроводниках при воздействии проникающих излучений	73
<i>А.А. Потехин, А.А. Васин</i> Оценка параметров расчетных сеток для учета дефектообразования в активных областях субмикронных транзисторов для физикотопологического моделирования.....	77
<i>И.Ю. Забавичев</i> Восстановление профиля легирования рабочей области полупроводниковых свч диодов по результатам измерений характеристик приборов для расчетной оценки их реакции на радиационное воздействие	81
<i>И.Ю. Забавичев</i> Моделирование динамики развития кластера радиационных дефектов в полупроводниковых материалах под действием радиационного излучения методом молекулярной динамики с помощью суперкомпьютерных вычислений.....	85
<i>Д.С. Кващенников, В.Н. Полковников, Ю.А. Вайнер, С.Ю. Зуев</i> Многослойные зеркала для спектрального диапазона 8-11 нм.....	89
<i>Н.Н. Салащенко, Н.И. Чхало, А.Н. Нечай, А.А. Перекалов</i> Разработка системы по исследованию рентгеновского излучения атомарно-кластерных пучков.....	92
<i>А.А. Егоров, М.В. Зорина, А.Е. Пестов, Н.Н. Салащенко, М.Н. Торопов, Н.И. Чхало</i> Формирование наноструктур методом проекционной литографии на длине волны 13.5нм	95
<i>Ю.М. Гузнов, Э.Б. Абубакиров, М.Н. Вилков, А.Н. Денисенко, А.Н. Леонтьев, И.В. Ошарин, Р.М. Розенталь, А.Э. Федотов</i> Разработка и экспериментальное исследование электронно-оптической системы сильноточного релятивистского гиротрона с рабочей модой ТМ-типа	99
<i>В.Е. Запезалов, А.С. Зуев</i> Многочастотные многолучевые и многоствольные гиротроны	103
<i>А.С. Зуев, И.В. Железнов, И.В. Ошарин, М.Д. Проявин, Р.М. Розенталь</i> Влияние слабой конусности резонатора на частотные характеристики субтерагерцового гиротрона .	106
<i>А.С. Иванов</i> Исследование параметров диодов Ганна КВЧ диапазона после проведения испытаний на радиационную стойкость.....	108
<i>С.В. Оболенский, М.Н. Ивин, А.В. Скупов, А.Ю. Чурин</i> Измерения емкости коллекторного перехода транзистора при воздействии ионизирующих излучений моделирующих установок	109
Секция «Излучение и распространение радиоволн»	114
<i>Р.А. Алексеев, С.А. Шарабакина, Г.Ю. Голубятников, А.В. Лапинов</i> Субдоплеровские исследования спектров изотопологов молекул NH ₂ D и hc ₃ n.....	115

<i>Н.В. Бахметьева, Г.И. Григорьев, И.Н. Жемаков</i> Волновые явления в нижней ионосфере в вариациях параметров нейтральной компоненты.....	118
<i>Н.В. Бахметьева, Г.Р. Виноградов</i> Искусственное возмущение нижней ионосферы Земли.....	122
<i>Н.А. Бархатов, С.Е. Ревунов, Ю.А. Главацкий</i> Причина зависимости суббулевой активности от ориентации фронта ударной волны межпланетного магнитного облака	125
<i>О.М. Бархатова, Н.В. Косолапова, Н.А. Бархатов</i> Турбулентные движения в оболочке магнитного облака солнечного ветра как причина синхронной ионосферной и геомагнитной возмущенности на фоне суббулевых процессов.....	129
<i>Д.Е. Бурланков</i> Сферические гармоники гравитационных волн.....	133
<i>Н.А. Дугин, А.В. Калинин, Ю.В. Тихомиров</i> Оценка параметров крупногабаритных антенных систем по данным геодезических измерений.....	138
<i>М.Н. Егоров, А.В. Калинин, С.П. Моисеев</i> Результаты лабораторных исследований макетов высокочувствительных радиометров Ка-диапазона.	142
<i>В.Г. Гавриленко, С.А. Ковалев</i> К вопросу о вычислении флуктуаций интенсивности волны методом Монте-Карло	146
<i>Г.И. Григорьев, Т.М. Заборонкова, Л.П. Коган</i> Интенсивность электромагнитных волн, рассеянных случайными неоднородностями треугольной формы.....	150
<i>В.Б. Калинин, С.Д. Снегирев, О.А. Шейнер</i> Верификация метода краткосрочного прогноза геоэффективных солнечных вспышек	154
<i>Л.П. Коган, В.Б. Штенберг</i> О повторении значений статистических функционалов от критической частоты ионосферы в сейсмоактивных регионах перед сильными землетрясениями.....	158
<i>Д.С. Котик, Е.В. Орлова, В.А. Яшинов</i> Генерация электромагнитных ионно-циклотронных волн искусственным ионосферным источником.....	161
<i>В.Г. Латин</i> Особенности нелинейного взаимодействия акустико-гравитационных волн при волноводном распространении в ветровом потоке	165
<i>Е.А. Ревунова, Н.А. Бархатов, Д.С. Долгова, С.Е. Ревунов, Р.В. Романов</i> Статистическое исследование зависимостей характеристик магнитных облаков солнечного ветра от параметров их солнечных источников.....	169
<i>В.П. Смолина, А.В. Шиндин, Е.Н. Сергеев, С.М. Грач</i> Зависимость спектральных свойств искусственного радиоизлучения ионосферы от взаимного расположения возмущенной области ионосферы и приемных пунктов при различных наклонах диаграммы направленности стенда НААРР	173
<i>Е.А. Трофимова, И.И. Зинченко, П.М. Землянуха, М. Томассон</i> Обзор областей образования массивных звезд в линиях дейтерированных молекул.....	177
<i>В.П. Урядов, Ф.И. Выборнов, А.В. Першин</i> Прогнозирование МПЧ на трассах наклонного зондирования в Евразийском регионе.....	180
<i>В.П. Урядов, А.А. Колчев, Ф.И. Выборнов, И.А. Егосин, В.В. Шумаев, А.В. Першин, А.Г. Чернов</i> Волновые возмущения во время авроральной суббури по данным наклонного зондирования ионосферы.....	184
<i>Г.Г. Вертоградов, В.П. Урядов, Ф.И. Выборнов, А.В. Першин</i> Моделирование квазивертикального зондирования ионосферы в условиях волновых возмущений ...	188
Секция «Теория колебаний»	194

<i>А.Г. Коротков, А.О. Казаков, Т.А. Леванова, Г.В. Осипов</i> Динамика ансамбля нейроноподобных элементов фитцью-нагумо с возбуждающими связями.....	195
<i>Е.Ю. Калынова, В.В. Клиньшов</i> Полная и фазовая динамика осциллятора при сильном воздействии	199
<i>М.М. Пугавко, В.И. Некоркин</i> Хаотическая пространственно-временная динамика в цепочке бистабильных взаимосвязанных отображений.....	206
<i>Н.С. Жукова, М.А. Мищенко</i> Возбудимость нейроноподобного генератора в ответ на импульсное воздействие	210
<i>Д.И. Большаков, М.А. Мищенко, В.В. Матросов</i> Разработка аппаратной реализации и экспериментальное исследование модели нейроноподобного генератора на основе системы ФАПЧ	213
<i>В.А. Лысенко, К.Г. Мишагин, С.Ю. Медведев</i> Оптимизация параметров системы автоподстройки фазы и частоты сигналов шкалы времени	215
<i>Н.С. Архипов, К.Г. Мишагин, И.Н. Чернышев</i> Система резервирования сигналов шкалы времени на основе частотной автоподстройки	218
<i>М.О. Шашины, Н.П. Крылова, В.Б. Казанцев, В.А. Макаров, С.А. Лобов</i> Самоорганизующиеся карты миографических паттернов мышц предплечья при движениях кисти.....	222
<i>М.В. Бажанова, С.А. Лобов</i> Моделирование и обучение биологически правдоподобных нейронных сетей с пластичными связями	226
<i>А.В. Ермолаева, С.Ю. Гордлеева, В.В. Матросов</i> Влияние астроцитарной регуляции синаптической передачи на динамику нейрона	229
<i>А.М. Широков, А.В. Половинкин, К.Г. Мишагин</i> Влияние флуктуаций магнитного поля на фазовые спектры спинового генератора при различных типах магнитной анизотропии	233
<i>М.И. Болотов, В.О. Муняев, А.К. Крюков, Л.А. Смирнов, Г.В. Осипов</i> Вращательная динамика в системе связанных маятников	237
<i>И.И. Юсипов, М.В. Иванченко, С.П. Кузнецов</i> Численные характеристики «хаотической» динамики открытых квантовых систем	240
<i>С.Б. Маковкин, М.В. Иванченко, А.А. Заикин</i> Эффект потери синхронизации в мультиплексных ансамблях моделей нейрон-глиальных систем	243
<i>Е.С. Бубнова, М.И. Болотов, Л.А. Смирнов, Г.В. Осипов, А.С. Пиковский</i> Пространственно-временные структуры в системе осцилляторов курамото-баттоктоха	246
<i>Е.А. Гринес, А.О. Казаков, Г.В. Осипов</i> Хаотические аттракторы в малоразмерных системах глобально связанных идентичных фазовых осцилляторов.....	250
<i>Ю.В. Баханова, А.О. Казаков, А.Г. Коротков, Т.А. Леванова, Г.В. Осипов</i> Спиральные аттракторы как источник нового типа пачечной активности в модели розенцвейг-макартура.....	254
Секция «Радиофизические методы и их компьютерное обеспечение»	260
<i>Н.А. Абрамовский, В.В. Артемьев</i> Реализация на ПЛИС цифровых целочисленных рекурсивных фильтров без аппаратных умножителей	2611
<i>А.А. Адъркина, М.А. Шашанов, В.Ю. Шумилов, А.Ю. Трушанин</i> Расширение методики радиопланирования систем беспроводной связи в метрополитене	265

<i>В.А. Односцев, А.Н. Богатов</i> Увеличение спектральной эффективности в цифровых системах.....	269
<i>А.К. Бритенков, Б.Н. Боголюбов, М.С. Дерябин, В.А. Фарфель</i> Измерение механического коэффициента трансформации компактного низкочастотного гидроакустического преобразователя продольно-изгибного типа с излучающей оболочкой сложной формы.....	273
<i>И.А. Еремеев, В.Ф. Ключев</i> Исследование причин возникновения высокочастотных каналов утечки информации в низкоскоростных интерфейсах.....	277
<i>М.В. Голов, В.Л. Вакс, В.А. Анфертьев</i> Прием и передача импульсов с помощью устройств на основе полупроводниковых сверхрешеток.....	281
<i>Н.А. Миронов</i> Выделение речевого сообщения из помех движущегося источника.....	283
<i>А.С. Мысков, А.А. Артеменко, С.А. Тихонов</i> Синхронизация фаз генераторов опорных сигналов многоканального радио тракта применительно к сканирующим линзовым антеннам диапазона частот около 70 ГГц.....	286
<i>А.В. Пучков, А.П. Евсеев</i> Применение некоторых алгоритмов экстраполяции при анализе радиотехнических сигналов.....	290
<i>В.Л. Вакс, А.И. Реутов</i> Исследование динамики термического разложения с использованием двухканального спектрометра субтерагерцевого частотного диапазона.....	294
<i>Д.В. Сахаров, А.В. Пучков, С.В. Касаткин, А.П. Евсеев</i> Алгоритм полигармонической экстраполяции как основа для адаптивного управления параметрами собственных сигналов локационных и связных радиосистем.....	296
<i>А.О. Щербак, А.С. Мысков, А.С. Коротких</i> Исследование ЭМГ сигнала в условиях изменяющихся характеристик мышечной ткани	300
<i>Е.В. Волкова, Х. Макассис</i> Проектирование КИХ-фильтров малой разрядности в пакете MATLAB	304
Секция «Общая физика».....	310
<i>А.О. Зибарова, М.Ю. Третьяков</i> Природа сухого атмосферного континуума в миллиметровом диапазоне длин волн.....	311
<i>А.О. Зибарова, Т.А. Одинцова, М.Ю. Третьяков, Р. Roy, O. Pirali</i> Континуум водяного пара в области вращательного спектра мономера	314
<i>А.А. Балашов, Е.А. Серов, Т.А. Одинцова, М.А. Кошелев</i> Экспериментальное исследование континуального поглощения в сухих атмосферных газах в миллиметровом диапазоне.....	318
<i>В.Ю. Махнев, А.А. Кюберис, О.Л. Полянский, Н.Ф. Зобов</i> Особенности интенсивностей молекулы HCN: расчет и сравнение с измерениями.....	321
<i>П.В. Казарин, Ю.В. Полуштайцев, Н.Ф. Услугин</i> Использование средств мультимедиа для демонстрации опытов по дифракции света	323
<i>Н.А. Михайцев, А.В. Коржманов</i> Влияние конечной массы ионов на эффект релятивистской Самоиндуцированной прозрачности в закритической плазме	326
<i>М.А. Анохина, С.Н. Менсов, Ю.В. Полуштайцев</i> Оптически стимулированный процесс массопереноса нейтральной компоненты вдоль фотополимеризуемого слоя.....	330
<i>А.И. Яковлев, И.Л. Снетков, Д.А. Пермин, С.С. Балабанов, О.В. Палашов</i> Фарадеевское вращение в керамике $Dy:Y_2O_3$: температурная и спектральная зависимости	333

<i>В.А. Антонов, И.Р. Хайрулин, Е.В. Радионичев</i> Акустически индуцированная прозрачность мёсбауэровского ядерного поглотителя	335
<i>А.А. Советский, А.Л. Матвеев, Л.А. Матвеев, Г.В. Геликонов, В.Ю. Зайцев</i> Модифицированный векторный метод оценивания фазовых градиентов для картирования деформаций в задачах оптической когерентной эластографии	337
<i>Е.А. Бузова, С.Б. Бодров</i> Перенос изображения дифрагированного на решетке фемтосекундного лазерного импульса с помощью телескопа в наклоненную под произвольным углом пластину	341
Секция «Бионика и статистическая радиофизика»	346
<i>О.В. Болховская, А.А. Мальцев, В.А. Сергеев</i> Алгоритм совместного обнаружения-оценивания сигнала с детерминированным, но неизвестным волновым фронтом	347
<i>Д.С. Дикарев, А.В. Давыдов, Г.А. Ермолаев</i> Ранняя остановка декодирования полярных кодов	350
<i>Д.С. Дикарев, А.В. Давыдов, Г.А. Ермолаев</i> Ранняя остановка декодирования полярных кодов	354
<i>А.В. Елохин, Е.А. Маврычев, И.С. Сорокин, А.Г. Флакسمан</i> Раздельная оптимизация многоэтапной релейной ММО системы	358
<i>Г.А. Ермолаев, Д.С. Дикарев, А.В. Давыдов</i> Помехоустойчивое кодирование с малой плотностью проверки на четность для систем сотовой связи пятого поколения	362
<i>Р.А. Ершов, Я.А. Игошев</i> Применение технологии NVIDIA CUDA в задаче определения взаимной временной задержки сигналов методом вычисления взаимной функции неопределённости	366
<i>В.В. Купцов, С.Н. Трушков, В.С. Сергеев, Н.А. Кутузов</i> Частотно-селективный алгоритм адаптации схем модуляции и кодирования для базовых станций LTE систем связи в условиях динамически меняющейся интерференционной обстановки	370
<i>А.С. Лаврентьева, О.А. Морозов, В.Р. Фидельман, Ю.Е. Чуманкин</i> Расчет диаграммы направленности зеркальной антенны на основе данных о смещениях выделенных точек на поверхности рефлектора	374
<i>А.С. Путилин, А.В. Червяков, А.В. Хоряев</i> Анализ алгоритмов оценки физического канала связи в системах связи 5-го поколения в условиях высокой мобильности пользователей	378
<i>В.А. Сергеев, А.В. Давыдов, Г.В. Морозов</i> Методы улучшения помеховой обстановки при обслуживании маловысотных летательных аппаратов наземными системами сотовой связи	382
<i>В.Т. Ермолаев, О.А. Шмонин</i> Обобщение сверхразрешающего метода минимального многочлена на случай пространственно-окрашенного шума	386
<i>С.Н. Трушков, В.В. Купцов, В.Е. Барабанов</i> Применение квазидетерминированного подхода к моделям каналов миллиметрового диапазона длин волн стандарта IEEE 802.11 ad	390
<i>Д.А. Зайцев, Р.А. Ершов</i> Определение местоположения множества источников радиоизлучения в спутниковых системах связи с кодовым разделением доступа	394
<i>Н.А. Кутузов, В.В. Купцов, В.Е. Барабанов</i> Эффективность подавления помех в системах мобильной связи с разнесенным приемом	398
Секция «Акустика»	404

<i>А.А. Антонов, В.Б. Бытранов, И.П. Смирнов, А.А. Хилько, К.А. Сидоров, А.И. Хилько</i> Экспериментальное исследование акустического взаимодействия электромагнитных излучателей с отличающимися резонансными частотами	405
<i>А.Е. Бычков, П.Н. Вьюгин, М.С. Дерябин, Д.А. Касьянов, В.В. Курин</i> О пространственной трансформации огибающей акустического импульса в волноводах переменной глубины	407
<i>О.А. Даниличева, Т.Н. Лазарева, С.А. Ермаков</i> Лабораторное исследование физического механизма воздействия волнения на структуру границы пленочных слоев на водной поверхности.....	410
<i>М.С. Дерябин, Д.С. Лебедев</i> О дифракции нелинейных волн на краю экрана.....	413
<i>М.С. Дерябин, Л.А. Самойлова</i> Измерение некоторых акустических параметров виброизоляторов.....	417
<i>И.Н. Диденкулов, А.А. Сагачева</i> Угловые осцилляции частиц суспензии в звуковом поле	421
<i>И.Ю. Грязнова, Р.В. Сомов</i> О возможностях акустической дистанционной диагностики случайных дискретных донных неоднородностей	425
<i>И.Ю. Грязнова, П.Н. Вьюгин, С.П. Кожевников</i> Физическое моделирование обратного рассеяния акустических сигналов на телах простой формы.....	427
<i>Д.А. Гундырев, Ю.И. Белов, И.Ю. Демин, А.А. Лисов, А.Г.Серкин, С.О. Черникова</i> Программное обеспечение первичного амбулаторного анализа данных мониторинга пульсовых волн пациента	431
<i>Т.С. Корчагина, И.Н. Диденкулов, Н.В. Прончатов-Рубцов</i> Особенности движения газовых пузырьков под действием течения и радиационной силы в акустическом резонаторе	435
<i>Д.А. Костеев, М.Б. Салин, Huancai Lu, Changchun Zhang</i> Акустическое позиционирование (Модельный эксперимент).....	439
<i>М.С. Лабутина, А.И. Малеханов, А.В. Смирнов</i> Влияние когерентных свойств принимаемого линейной антенной сигнала на выбор квазиоптимального метода его пространственной обработки.....	443
<i>М.С. Лабутина, А.И.Малеханов, А.В. Смирнов</i> Об оптимальных методах пространственной обработки сигнала вертикальной антенной решеткой в океанических волноводах	447
<i>А.А. Лисин, А.Е. Спивак, И.Ю. Демин</i> Численное моделирование сдвиговых волн в мягких биологических тканях в среде k-wave и визуализация средствами autodesk maya	451
<i>В.Г. Пазухин, И.Н. Диденкулов, Н.В. Прончатов-Рубцов</i> Нелинейное рассеяние акустических волн на газовых пузырьках в потоке жидкости и их диагностика.....	453
<i>Д.Д. Шнейдман, А.А. Лисин, А.Е. Спивак, Л.А. Чукилева, П.Н. Вьюгин, И.Ю. Демин</i> Ультразвуковое исследование сдвиговых свойств скелетных мышц на примере струнного фантома	457
<i>И.П. Смирнов, А.И. Хилько</i> Когерентность акустических полей высокочастотных шумовых источников в случайно неоднородном океане	459
<i>И.П. Смирнов, К.А. Сидоров, А.А. Антонов, Н.В. Прончатов-Рубцов, А.И. Хилько</i> Исследование возможностей оптимальной фокусировки высокочастотного акустического поля в морской среде.....	461

<i>А.Е. Спивак, А.А. Лисин, А.Е. Симонов</i> Разработка системы обработки данных в реальном времени для акустической системы verasonics.....	463
<i>А.В. Тюрина, С.Н. Гурбатов, О.В. Руденко</i> Взаимодействие регулярных сигналов с фронтом ударной волны.....	467
<i>В.В. Уваров, В.И. Калинина, А.А. Хилько, В.В. Курин, С.Н. Гурбатов, А.И. Хилько</i> Лабораторные эксперименты по оценке возможностей реконструкции геоакустических параметров донных слоев с использованием параметрических моделей формирования сигналов.....	471
<i>Ю.М. Заславский, В.Ю. Заславский</i> Особенности распространения поверхностных волн на границе полупространства вдоль упруго-растяжимой направляющей.....	473
Секция «Математическое моделирование процессов и систем»	478
<i>К.В. Горохов, А.В. Колобков, Д.В. Хитева</i> О выборе перемежителя для дкмв-радиосвязи, использующей ofdm-сигналы и сверточное кодирование.....	479
<i>А.И. Калякулина, Е.В. Панкратова, С.В. Стасенко, С.Ю. Гордлеева, И.А. Лазаревич, В.Б. Казанцев</i> Астроцитарная регуляция постсинаптической клеточной активности в нейроглияльных сетях.....	483
<i>А.Е. Китаев</i> Квантовый симметричный волчок как модель электронного спина	487
<i>М.А. Рожнова, Е.В. Панкратова, И.А. Лазаревич, С.В. Стасенко</i> Различные сценарии перехода к бистабильному режиму поведения в двумерной математической модели внеклеточного матрикса мозга	490
<i>А.С. Самсонов, И.Ю. Костюков, Е.Н. Неруш</i> Ускорение ионов в режиме «светового паруса» с учётом квантово-электродинамических эффектов	494
<i>С.А. Захаров, Е.В. Панкратова</i> Исследование динамических режимов в дискретной модели поведения нервной клетки.....	498
Секция «Информационные системы. Средства, технологии, безопасность»	503
<i>Р.Г. Нужный, Л.Ю. Ротков, В.А. Мокляков, А.В. Пучков</i> Анализ трафика распределенной сети и предупреждение DNS-атак.....	504
<i>А.Э. Одоевский, В.М. Тихомиров</i> SIEM-платформы. Сравнительный анализ PT MaxPatrol SIEM и HP Arcsight.....	508
<i>Р.А. Васильев</i> Применение фонетического детектора лжи для идентификации аутсайдера в организации	512
<i>Г.М. Бакунов</i> Система электронного документооборота научного журнала на основе фреймворка Drupal.....	514
<i>А.А. Горбунов, А.Г. Леонова</i> Численная оценка параметров bmp-контейнера, используемого в методе lsb.....	517
<i>С.В. Алексеенко, В.С. Хачинян</i> О первоочередных мерах по реализации Федерального закона от 26 июля 2017 г. № 187-ФЗ.....	519
<i>В.В. Котлякова, И.В. Кузьмина, В.А. Новиков</i> Автоматизация развертывания и конфигурирования программных комплексов на базе аппаратной и контейнерной виртуализации.....	522
Секция «Физические основы и практическое применение технологий беспроводной связи и информационно-телекоммуникационных технологий» ..	526
<i>В.Д. Козлов</i> Цифровая трансформация экономики: возможности и проблемы.....	527
<i>А.Л. Умнов, Ю.О. Плехова</i> Проектный метод подготовки специалистов для цифровой экономики.....	531

<i>П.Н. Советов</i> Автоматизация проектирования специализированных процессоров с использованием подхода compiler-in-the-loop.....	535
<i>А.С. Карпенков</i> NB-IoT (Narrowband IoT): создание облачных элементов в сетях стандарта 4G	538
<i>А.А. Одинцов, Д.С. Потехин</i> Сопоставление матриц весовых коэффициентов после вейвлет-преобразования.....	541
<i>И.Е. Тарасов</i> Применение гетерогенных многоядерных процессоров в информационно-измерительных системах.....	545
<i>Г.В. Митин, Н.Н. Трохаченкова</i> Применение технологии открытых систем в математическом моделировании	548
<i>А. Л. Умнов, Д.А. Беспалов, Б. Янкович, П. Янкович, Д. Родич</i> Использование платформы интернета вещей для создания лабораторных работ по школьному курсу физики..	552
<i>А.Л. Умнов</i> Программно-аппаратный комплекс для построения персональных адаптивных образовательных сред	554
<i>Я.А. Силашкин, А.Л. Умнов</i> Использование фазированных антенных решеток с адаптивными диаграммами направленности в беспроводных системах связи на основе пассивных линейных рассеивателей	557
<i>D. Rodić, J.P. Šetrajčić</i> Theoretical analysis of unusual features of nanostructured core-multishell models for potential biomedical applications.....	559
<i>Е.М. Лыцова, В.В. Чукин</i> Сенсорная сеть мониторинга качества воздуха в городе Санкт-Петербург.....	563
<i>Н.И. Булыгина, Н.С. Егоров, О.А. Кепман, В.В. Чукин</i> Концепция интеллектуального устройства очистки атмосферного воздуха от аэрозолей	564
<i>А.А. Жилинская, В.В. Чукин</i> Мониторинг параметров микроклимата в малых фермерских хозяйствах	567
<i>И.Ю. Зворыкин, М.Р. Каткова</i> Компьютеризованные экспериментальные задачи на современном материале	569
Содержание	572

ПРИЧИНА ЗАВИСИМОСТИ СУББУРЕВОЙ АКТИВНОСТИ ОТ ОРИЕНТАЦИИ ФРОНТА УДАРНОЙ ВОЛНЫ МЕЖПЛАНЕТНОГО МАГНИТНОГО ОБЛАКА

Н.А. Бархатов, С.Е. Ревунов, Ю.А. Главацкий

НГПУ им. К. Минина

Магнитные облака солнечного ветра являются проявлениями солнечной активности вызывающими самые заметные геомагнитные возмущения. Это объясняется тем, что они отличаются наличием областей с сильным регулярным ММП и резкими фронтами. Исследования показали, что во многих случаях тело магнитного облака подвергается ударной волной на переднем фронте облака. При этом между ударной волной и ведущим краем магнитного облака регистрируется турбулентная оболочка. В связи с этим представляет интерес изучение связи геомагнитной активности со структурой магнитного облака. В предлагаемом исследовании устанавливается зависимость уровня высокоширотной геомагнитной активности от интенсивности турбулентных процессов, происходящих на переднем крае магнитного облака. В свою очередь, турбулентные явления в оболочке магнитного облака во многом определяются ориентацией плоскости ударной волны по отношению к ММП поглощаемому ударной волной при ее распространении в солнечном ветре. Принято различать термины квазипараллельной и квазиперпендикулярной ударной волны, ассоциированные с уровнем турбулентности в оболочке, следующей за ударной волной. Поэтому необходимой частью исследования является предлагаемый нами метод поиска ударных волн в потоке солнечного ветра по данным КА. Обнаружение и расчет ориентации их ударных плоскостей позволяет сделать вывод и о степени возмущенности турбулентной оболочки. Полученные результаты демонстрируют увеличение интенсивности суббуревых процессов в случае квазипараллельных ударных волн магнитных облаков.

На интенсивность волновых движений в оболочке магнитных облаков значительное влияние оказывает проникающее в них ММП, несмотря на то, что энергия магнитного поля в солнечном ветре на 1-2 порядка меньше динамической энергии потока плазмы. Согласно граничным условиям на ударной волне и уравнению непрерывности $\rho V = \text{const}$ за ударной волной скорость плазмы резко падает (в системе отсчета, движущейся вместе с плазмой), а тангенциальная составляющая магнитного поля существенно возрастает. Магнитное поле будет подавлять развитие волновых движений плазмы в оболочке облака при выполнении одного из неравенств [1]: $\left(\frac{\mathbf{B}_1 \mathbf{V}_1}{V_1 V_2}\right)^2 \gg 4\pi\rho_2 \frac{V_2^2}{V_1^2}$ или $\left(\frac{\mathbf{B}_1 \mathbf{V}_1}{V_1}\right)^2 \gg 4\pi\rho_2 V_2^2$, где V_1 и V_2 – скорости потока перед УВ и за ней в системе отсчета, движущейся вместе с плазмой соответственно, B_1 – напряженность магнитного поля перед ударной волной. Оценка плотностей энергии магнитного поля и динамической энергии плазмы в оболочке облака, позволяет сделать вывод о наличии или отсутствии в ней турбулентных движений.

Необходимым условием формулировки выводов об уровне турбулентности в переходной области является установление ориентации ударных фронтов МО. Ориентация в исследовании определяется по ранее разработанной методике [2] определения ориентации ударной волны по направлению к вектору ММП. Далее, для каждого события ударной волны МО фиксируется угол между вектором ММП и нормалью к ударной

волне. Таким образом события ударных волн МО разделялись на квазипараллельные и квазиперпендикулярные.

Учитывая неизменность величины и направления нормальной составляющей ММП к поверхности фронта УВ, согласно нашей методике в трехмерном пространстве компонент магнитного поля мы строим соответствующие радиус-вектора и определяем положение скачка. В этом случае поверхность фронта УВ будет перпендикулярна прямой, соединяющей две точки – до и после скачка значений компонент поля. На рис. 1 схематично продемонстрирована методика определения положения фронта УВ. В пространстве компонент ММП (B_x , B_y , B_z) векторами $\mathbf{B}_1$, $\mathbf{B}_2$, $\mathbf{B}_3$ и $\mathbf{B}_4$ указаны полные векторы магнитного поля в четыре момента времени t_1 , t_2 , t_3 и t_4 . Поскольку используются минутные данные, то ситуация на рис. 1 описывает четырехминутный интервал. Для выводов о квазипараллельности или квазиперпендикулярности ударной волны нас будет интересовать динамика значений угла ξ между векторами $\mathbf{Bn}$ и $\Delta\mathbf{Bn}$. В данном случае модуль вектора $\Delta\mathbf{B}_2$ является наибольшим изменением величины ММП, что является одним из признаков регистрации ударной волны, наряду со скачками плотности и скорости плазменного потока. Этот вектор сонаправлен вектору, нормальному к плоскости УВ, который обозначен серой стрелкой. Соответственно, плоскость фронта УВ перпендикулярна к нему (рис. 1).

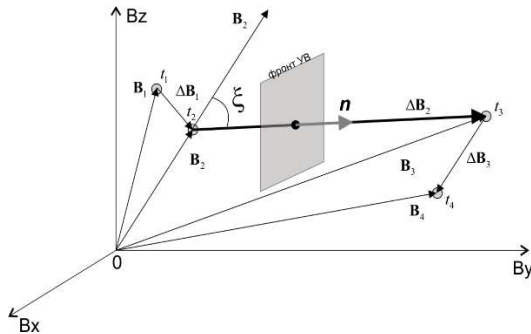


Рис. 1

Проверка методики выполнена с использованием данных, отвечающих интервалам наблюдений быстрых магнитных облаков с ударными волнами и турбулентной областью – всего 33 случая, зарегистрированных в 1998-2012 гг. Для исследования использованы с 1-мин разрешением параметры: концентрация N и скорость солнечного ветра V и компоненты вектора $B(B_x, B_y, B_z)$ ММП в GSM системе координат, и значения AL индекса полярных электроджетов, характеризующего уровень суббуревой магнитной активности (<http://cdaweb.gsfc.nasa.gov>). Отдельно рассмотрены наиболее сильные (13/06/1998, 19/10/1998, 06/11/2000) и слабые (21/04/2001, 30/09/2001, 19/11/2007) суббуревые проявления. При этом суббуревая активность оценивалась интегральным значением AL индекса за период от момента обнаружения УВ до начала тела МО, т.е. на интервале, отвечающем переходной области.

Результат анализа полученных расчетов показал, что события квазиперпендикулярных УВ характеризуются углами ξ , лежащими в интервале $70-80^\circ$, события квазипараллельных УВ, демонстрируют небольшие углы ξ в среднем 25° . Большие углы для квазиперпендикулярных УВ при неизменной нормальной составляющей магнитного поля приводят к заметному увеличению модуля ММП в переходной области, которые согласно [1] должны стабилизировать в ней турбулентные движения. На рис. 2 показаны вариации углов ξ между вектором ММП и нормалью к ударной волне до и после регистрации фронта УВ для рассматриваемых событий: (а, б, в) – события со слабой суббуревой активностью; (г, д, е) – со значительной суббуревой активностью. Вертикальной линией по центру показан момент регистрации фронта УВ. Маркерами выделены анализируемые точки, отвечающие углам ξ непосредственно перед фронтом ударной волны. Дата события указана в правом верхнем углу каждого графика. Случаи регистрации углов больше 90° отвечают ситуации разворота расчетной плоскости фронта УВ.

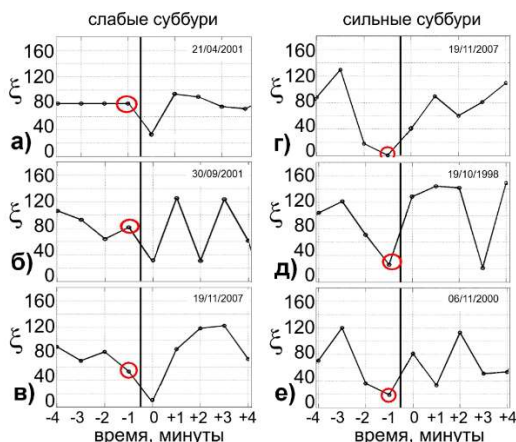


Рис. 2

Полученные результаты подкрепляются анализом динамики углов ξ между вектором ММП и нормалью к фронту УВ, величины скачков модуля ММП ΔB на УВ и значений интегрального AL. Эта динамика приведена на рис. 3. Большие углы ξ для квазиперпендикулярных УВ при неизменной нормальной составляющей магнитного поля приводят к заметному скачку ММП. Напротив, малые углы ξ для квазипараллельных случаев вызывают малые изменения модуля ММП. Это означает, что большие значения модуля магнитного поля ΔB за ударной волной стабилизируют волновые процессы в переходной области и понижают уровень интенсивности турбулентных движений [1]. Согласно рис. 3 эти значения отвечают наименьшей суббуревой активности. На рис. 3 показана динамика углов ξ между вектором ММП и нормалью к фронту УВ (а); величины скачков ММП на УВ (б); значений интегрального AL (в). Серые точки – квази-

перпендикулярные УВ, черные точки – квазипараллельные УВ (большие кружки соответствуют событиям на рис. 2), сплошные прямые – аппроксимация полиномом 3 порядка для всех анализируемых 33 случаев МО. Распределение событий выполнено с учетом сортировки величин скачков ММП на УВ.

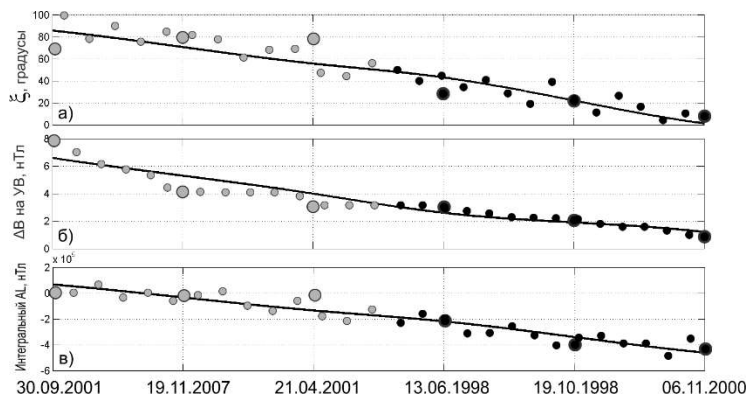


Рис. 3

Таким образом, в работе продемонстрировано, что в случаях квазипараллельных ударных волн МО интенсивность суббуревых процессов нарастает. Это означает, что наши представления о связи ориентации фронтов УВ со степенью суббуровой активности экспериментально подтверждены. Уровень суббуровой активности следует за уровнем турбулентности в переходной области МО. В случаях квазипараллельных ударных волн МО интенсивность суббуревых процессов особенно велика. Это подтверждает теоретические представления о связи ориентации фронтов УВ по отношению к ММП с уровнем турбулентности в переходной области и, соответственно, со степенью суббуровой активности.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №16-05-00608, №18-35-00430 и Госадания Минобрнауки РФ № 5.5898.2017/8.9.

- [1] Бархатов Н.А., Беллюстин Н.С., Бужере Ж.-Л., Сахаров С.Ю., Токарев Ю.В. Влияние магнитного поля солнечного ветра на турбулентность переходной области за отошедшей ударной волной // Известия ВУЗов. Радиофизика. 2001. Т. 44, № 12. С. 993.
- [2] Бархатов Н.А., Ревунов С.Е. Нейросетевая классификация разрывов параметров космической плазмы. Научное издание: Солнечно-земная физика. 2010. Выпуск 14(127). С. 42.