

ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

# СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ПЛАЗМЕННОЙ ГЕЛИОГЕОФИЗИКЕ

Под редакцией академика РАН Л.М. Зелёного,  
чл.-корр. РАН А.А. Петруковича  
и д.ф.-м.н. И.С. Веселовского



МОСКВА  
ФИЗМАТЛИТ®  
2018

УДК 523; 533.9  
ББК 22.65; 22.632  
С 56



Издание осуществлено при поддержке  
Российского фонда фундаментальных  
исследований по проекту 18-12-00012,  
не подлежит продаже

*Рукопись подготовлена*

*в рамках Программы 22 фундаментальных исследований Президиума РАН 2012–2014 гг.  
«Фундаментальные проблемы исследований и освоения Солнечной системы»  
и в рамках Программы Отделения физических наук РАН 2012–2015 гг. ОФН-15  
«Плазменные процессы в космосе и в лаборатории»*

**Современные достижения в плазменной гелиогеофизике** / Под ред. Л.М. Зелёного, А.А. Петруковича, И.С. Веселовского. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018. — 688 с. — ISBN 978-5-9221-1796-8.

Плазменная гелиогеофизика занимается описанием процессов, происходящих в космическом пространстве между поверхностью Солнца и атмосферой Земли в рамках электродинамики и физики плазмы. Изданная ранее монография (Плазменная гелиогеофизика / Под ред. Л.М. Зелёного, И.С. Веселовского. В 2 т. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008) включает обзоры по физике Солнца, солнечного ветра, гелиосфере, магнитосфере и ионосфере Земли и планет, солнечно-земным связям, взаимодействию солнечного ветра с различными объектами Солнечной системы, пылевой плазме, основным понятиям физики плазмы.

Настоящая книга написана ведущими российскими специалистами и отражает современный уровень исследований, основные достижения и проблемы по нескольким приоритетным направлениям космической физики плазмы: долговременным измерениям солнечной активности, свойствам солнечных пятен и магнитных полей, современным наблюдениям структуры солнечного ветра, физике токовых слоев в магнитосферах, динамике ионосферы и атмосферы, некоторым смежным вопросам теории плазмы и астрофизики.

Предназначена специалистам в области физики плазмы, космической физики, студентам старших курсов и аспирантам.

Рецензенты:

*А.Б. Струминский, А.М. Садовский*



# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	5
<b>I. Солнце и солнечная активность</b>	
I.1. Глобальные климатические изменения, современное потепление, солнечная активность и космические лучи. <i>В. А. Дергачёв, И. В. Кудрявцев, Ю. А. Наговицын, М. Г. Огурцов</i> . . . . .	9
I.2. Климатические индикаторы периодичности солнечной активности от десятков тысяч до сотен миллионов лет тому назад. <i>О. М. Распопов, В. А. Дергачёв</i> . . . . .	28
I.3. Измерение корональных магнитных полей радиоастрономическими методами. <i>В. М. Богод</i> . . . . .	59
I.4. Основные свойства солнечных пятен: равновесие, устойчивость и собственные колебания мелкого солнечного пятна. <i>А. А. Соловьёв</i> . . . . .	86
<b>II. Солнечный ветер и гелиосфера</b>	
II.1. Прогресс в изучении солнечного ветра методом радиопросвечивания. <i>А. И. Ефимов, Л. А. Луканина, А. И. Рогашкова, Л. Н. Самознаев, И. В. Чашей, М. К. Бёрд, М. Петцольд</i> . . . . .	117
II.2. Новые сведения о солнечном ветре, полученные на основе измерений с очень высоким временным разрешением. <i>Г. Н. Застенкер</i> . . . . .	144
II.3. Результаты мониторинга турбулентного солнечного ветра по измерениям межпланетных мерцаний вблизи минимума 23/24 цикла солнечной активности. <i>И. В. Чашей, В. И. Шишов, С. А. Тюльбашев, С. К. Глубокова, А. В. Глянцев, И. А. Субаев</i> . . . . .	158
<b>III. Магнитосфера и токовые слои</b>	
III.1. Токовые слои в хвосте магнитосферы Земли. <i>А. А. Петрукович, А. В. Артемьев, И. Ю. Васько, Л. М. Зелёный, Р. Накамура</i> . . . . .	173
III.2. Особенности внутренней структуры токовых слоев в бесстолкновительной плазме в присутствии шировой компоненты магнитного поля. <i>Х. В. Малова, О. В. Мингалев, В. Ю. Попов, А. А. Петрукович, Л. М. Зелёный</i> . . . . .	222
III.3. Неадиабатическое ускорение ионов в токовом слое геомагнитного хвоста и структура пограничного плазменного слоя. <i>Е. Е. Григоренко, Л. М. Зелёный</i> . . . . .	261
III.4. Фронты диполизации: структура, динамика и ускорение частиц. <i>А. В. Артемьев, Е. В. Панов, А. А. Васильев</i> . . . . .	334
III.5. Основные особенности магнитной структуры, эволюции нагрева и ускорения плазмы в токовых слоях, создаваемых в лабораторных условиях. <i>А. Г. Франк, Н. П. Кирий</i> . . . . .	377
III.6. Лабораторные эксперименты с терреллой: влияние кинетических масштабов на физическое подобие планетарным магнитосферам. <i>В. М. Антонов, Э. Л. Бояринцев, Ю. П. Захаров, А. В. Мелехов, В. Г. Посух, А. Г. Пономаренко, И. Ф. Шайхисламов</i> . . . . .	396
<b>IV. Ионосфера и верхняя атмосфера</b>	
IV.1. Изменчивость ионосферы. <i>М. Г. Дёминов</i> . . . . .	421
IV.2. Глобальный отклик системы термосфера–ионосфера на внезапные стратосферные потепления. <i>Ю. Н. Кореньков, М. В. Клименко, В. В. Клименко, Ф. С. Бессараб</i> . . . . .	437

- IV.3. Исследование воздействия солнечной активности и солнечного ветра на ионосферу Земли с помощью сигналов навигационных систем, зарегистрированных на трассах спутник–спутник. *А. Г. Павельев, С. С. Матюгов, О. И. Яковлев, А. А. Павельев, В. Н. Губенко, В. А. Ануфриев* . . . . . 511
- IV.4. Механизм формирования крупномасштабных возмущений в верхней атмосфере от наземных источников акустико-гравитационных волн. *И. В. Карпов, С. П. Кшевецкий* . . . . . 534
- IV.5. Электрические разряды в тропосфере над сейсмическим регионом и их влияние на распространение УК-радиоволн. *В. М. Сорокин, А. К. Яценко* . . . . . 546
- IV.6. Радиозатменные исследования внутренних волн и слоистых структур в атмосферах Земли, Марса и Венеры. *В. Н. Губенко, А. Г. Павельев, В. Е. Андреев, И. А. Кириллович, Р. Р. Салимзянов* . . . . . 560

### V. Общие вопросы теории плазмы

- V.1. МГД-волны и неустойчивости бесстолкновительной космической плазмы: 16-моментное приближение. *В. Д. Кузнецов, Н. С. Джалилов* . . . . . 569
- V.2. Плазменные неустойчивости и ускорение частиц ударными волнами в остатках сверхновых звезд. *А. М. Быков, С. М. Осипов* . . . . . 585
- V.3. Поглощающая сфера в бесстолкновительной плазме, старая задача в свете новых подходов. *В. Л. Красовский, А. А. Киселёв, М. С. Долгоносков* . . . . . 605
- V.4. Квантовые поправки к константам скоростей термоядерных реакций в условиях плазмы Солнца. *А. Н. Старостин, М. Г. Гладуш, Ю. В. Петрушевич* . . . . . 631
- V.5. Лунный грунт и долговременные вариации потоков солнечного ветра. *Г. С. Ануфриев* . . . . . 658