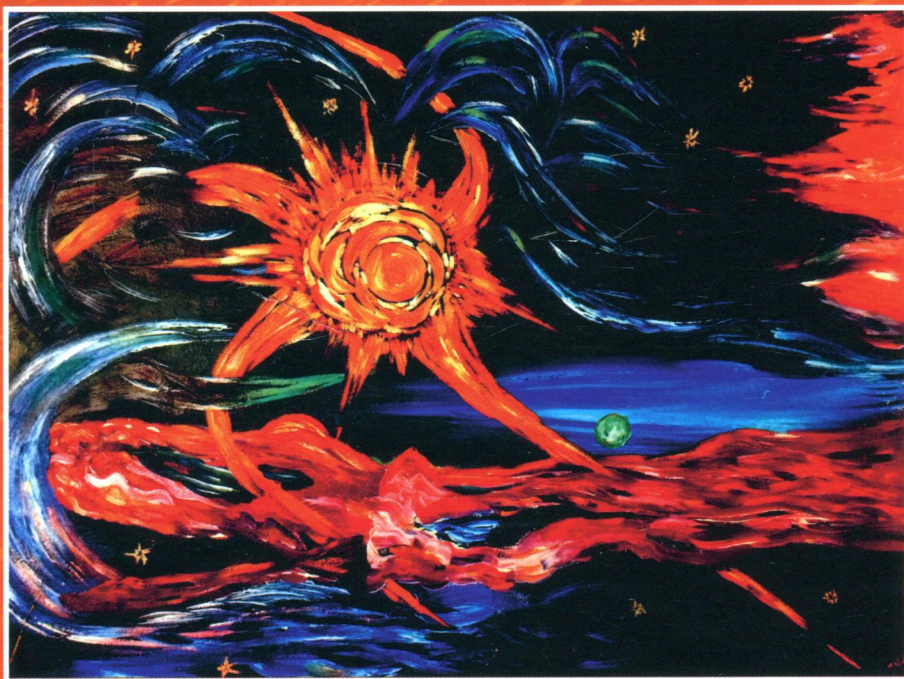


Научно-популярная серия РФФИ

Панасюк М. И.

# РАДИОАКТИВНАЯ ВСЕЛЕННАЯ



М. И. Панасюк

# РАДИОАКТИВНАЯ ВСЕЛЕННАЯ



Фрязино  
2019

УДК 52  
ББК 22.6  
П16



Издание осуществлено при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований  
по проекту 19-12-40001\19, не подлежит продаже.

П16 **Панасюк М. И.**

Радиоактивная Вселенная. – Фрязино: Век 2. 2019. – 272 с.  
ISBN 978-5-85099-200-2

Книга является научно-популярным изданием, посвященным актуальным проблемам астрофизики, космических лучей и физике космоса. Она затрагивает как фундаментальные, так и прикладные аспекты этих быстроразвивающихся направлений, которые связаны с изучением происхождения частиц, существующих во Вселенной, и процессов, в которых они приобретают гигантские энергии. Рассмотрены также механизмы воздействия космических лучей и радиационных полей на биообъекты, в том числе, человека, и на системы космических аппаратов. Книга рассчитана на школьников старших классов и студентов младших курсов университетов, выбирающих свой путь в науке.

ББК 22.6

The book is a popular scientific publication devoted to topical problems of modern Astrophysics of cosmic rays – the study of particles that are born in the Universe and acquire giant energy through space accelerators, as well as Space physics in the part of radiation fields study in space. It touches upon both fundamental and applied aspects of these rapidly developing areas of modern astrophysics, which are related both to the study of the nature of particle's origin existing in the Universe, as well as to the consideration of the processes they have, affecting both on humans, biological objects and spacecraft systems in outer space. The book is designed for high school students and junior University students who choose their path in science.

На обложке картина автора «Неспокойное Солнце».

ISBN 978-5-85099-200-2

© М.И. Панасюк, текст, илл.  
© Век 2, 2019

# Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ . . . . .	5
<b>Часть 1. Высокоэнергичная Вселенная. . . . .</b>	<b>7</b>
<b>Глава 1. После Большого взрыва. . . . .</b>	<b>8</b>
1.1. Убегающие галактики . . . . .	8
1.2. Сотворение вещества . . . . .	12
1.3. Гибель звезд . . . . .	14
1.4. Наш мир – темный и светлый или жизнь в вакууме . . . . .	17
1.5. «Большой взрыв» на Земле. . . . .	22
<b>Глава 2. Земная и неземная радиация, или открытие космических лучей. . . . .</b>	<b>26</b>
2.1. Радиоактивность Земли . . . . .	26
2.2. Неземная радиация: трудный путь познания . . . . .	27
<b>Глава 3. Как поймать космические лучи? . . . . .</b>	<b>34</b>
3.1. Космические лучи в атмосфере . . . . .	34
3.2. Ловушки частиц. . . . .	35
3.3. Космические лучи вдали от Земли . . . . .	41
<b>Глава 4. Что мы знаем о космических лучах. . . . .</b>	<b>47</b>
4.1. Крутая траектория познания состава космических лучей . . . . .	47
4.2. Космическая материя – космические лучи: из чего она состоит? . . . . .	51
4.3. Энергия ядер космических частиц . . . . .	52
<b>Глава 5. Откуда вы, странники Вселенной? . . . . .</b>	<b>59</b>
5.1. Поиск звёзд на небе. . . . .	59
5.2. Сверхновые старые звёзды . . . . .	60
<b>Глава 6. Пушки Вселенной. . . . .</b>	<b>64</b>
6.1. Космический ускоритель – Пэватрон. . . . .	64
6.2. Превращения звёздного вещества или о месте рождения и возрасте космических лучей . . . . .	68
6.3. Поиски Пэватронов: о чём говорят результаты экспериментов? . . . . .	70



6.4. Электронный компонент космических лучей . . . . .	76
6.5. Редкие и драгоценные частицы . . . . .	78
<b>Глава 7. Мистерия обрезания . . . . .</b>	<b>79</b>
7.1. Хиллас против Зэватронов . . . . .	79
7.2. Реликтовое излучение и «конец» спектра космических лучей . . . . .	83
7.3. Поиски «Зэватронов»: о чём говорят результаты экспериментов? . . . . .	86
Энергетический спектр КЛПВЭ – известен? . . . . .	88
Массовый состав КЛПВЭ – известен? . . . . .	89
Где находятся источники КЛПВЭ? . . . . .	90
7.4. Сверху – вниз, или вперед к экзотике . . . . .	93
<b>ГЛАВА 8. Космическое око . . . . .</b>	<b>98</b>
8.1. Ультрафиолетовый след космической частицы . . . . .	98
8.2. Зеркало на орбите . . . . .	101
<b>Глава 9. Гамма-изображение Вселенной . . . . .</b>	<b>106</b>
9.1. Гамма-фотография Млечного Пути . . . . .	107
9.2. Загадочные всплески гамма-излучения . . . . .	112
<b>Глава 10. Частицы из зазеркалья . . . . .</b>	<b>118</b>
10.1. Другое состояние вещества . . . . .	118
10.2. Погоня за антивеществом . . . . .	119
<b>Глава 11. Частицы Полтергейста . . . . .</b>	<b>123</b>
11.1. Приключения «неуловимых» . . . . .	123
11.2. Нейтринное море реликтов . . . . .	124
11.3. Нейтрино сверхновых . . . . .	125
11.4. Нейтринная астрономия сверхновой SN1987A . . . . .	126
11.5. Капканы для неуловимых . . . . .	127
11.6. О нейтрино предельно высоких энергий . . . . .	130
Заключение к 1 части книги, или «возьмемся за руки друзья!» . . . . .	132
<b>Часть 2. Солнечный дом . . . . .</b>	<b>135</b>
<b>Глава 12. Двуликий Янус . . . . .</b>	<b>136</b>
12.1. Наша Звезда на звёздной шкале . . . . .	136
12.2. Спринклер Солнечной системы . . . . .	138
12.3. Активная жизнь нашей звезды . . . . .	140
12.4. Солнечные бури и солнечные ускорители . . . . .	142
12.5. Состав (элементный и зарядовый) солнечных космических лучей . . . . .	145
12.6. Прогноз солнечной активности . . . . .	146
<b>Глава 13. Солнечный дом космических странников . . . . .</b>	<b>147</b>
13.1. Плазменная бутылка солнечной системы . . . . .	147
13.2. Солнечная метла . . . . .	149
13.3. Аномальные частицы в гелиосфере . . . . .	151

<b>Глава 14. Магнитная броня планет . . . . .</b>	<b>156</b>
14.1. Магнитное поле Земли и ее магнитосфера . . . . .	156
14.2. Земная ловушка для космических странников . . . . .	158
14.2. Магнитосферы планет солнечной системы. . . . .	160
<b>Глава 15. Магнитные бури . . . . .</b>	<b>163</b>
15.1. Взрыв магнитной оболочки Земли . . . . .	163
15.2. Проникновение. . . . .	167
15.3. Как электрические разряды губят спутники . . . . .	168
<b>Глава 16. Следы странников. . . . .</b>	<b>171</b>
16.1. Атмосферный след странников – климат сегодня. . . . .	171
16.2. Гром и молнии странников . . . . .	173
16.3. Климат до нашей эры и спиральные рукава Галактики . . . . .	175
16.4. Солнечная бомбардировка атмосферы . . . . .	176
16.5. Салют космическим лучам. . . . .	178
<b>Глава 17. Околоземная радиация, поучительная история выдающегося открытия . . . . .</b>	<b>183</b>
17.1. Первый акт космической эры – драма эпохального открытия . . . . .	183
17.2. Немного о кинематике частиц в магнитном поле. . . . .	188
17.3. Родители пленников магнитной ловушки . . . . .	191
<b>Глава 18. Ядерная зима космического пространства . . . . .</b>	<b>197</b>
<b>Глава 19. Околоземной зоопарк космической радиации. . . . .</b>	<b>202</b>
19.1. Галактические источники . . . . .	202
19.2. Солнечный источник . . . . .	204
19.3. Земной источник . . . . .	205
19.4. Юпитер как источник . . . . .	207
19.5. Еще один «альбедный источник» . . . . .	207
<b>Глава 20. Ускорители частиц ближнего космоса . . . . .</b>	<b>209</b>
20.1. Транспорт частиц в радиационных поясах . . . . .	209
20.2. «Двугорбый верблюд» электронных радиационных поясов . . . . .	214
20.3. Зазор – пустой? . . . . .	216
20.4. Проблема «инжектора». . . . .	219
<b>Глава 21. Радиационные удары Космоса . . . . .</b>	<b>221</b>
21.1. Радиационный климат около Земли. . . . .	221
21.2. Другие космические факторы радиационного риска на низких высотах . . . . .	224
21.3. Радиационные бури на окраине околоземного пространства. . . . .	228
21.4. Нейтронный ореол Земли . . . . .	230
21.5. «Человечество не останется вечно на Земле...» (О радиационной опасности дальних космических миссий) . . . . .	232

21.6. Радиационный риск космических одиссей, или будут ли на «Марсе яблони цвести»? . . . . .	238
21.7. Риск авиарейсов через полюс . . . . .	239
<b>Глава 22. Тяжелые ядра космической радиации: новая напасть .</b>	<b>241</b>
22.1. О воздействии ТЗЧ на биологические структуры . . . . .	242
22.2. О воздействии ТЗЧ электронику космических аппаратов . . . . .	246
22.3. Где тяжелые ядра бьют наиболее сильно? . . . . .	249
22.3.1. ТЗЧ в радиационных поясах Земли . . . . .	249
22.3.2. ТЗЧ в солнечных космических лучах . . . . .	252
22.3.3. ТЗЧ в галактических космических лучах . . . . .	254
22.3.4. Вторичные ТЗЧ на околоземных орбитах . . . . .	255
22.3.5. Вторичные ТЗЧ на поверхности Луны и Марса . . . . .	256
22.4. Проблема ТЗЧ и планирование космических миссий. . . . .	257
<b>Послесловие . . . . .</b>	<b>258</b>
Литература. . . . .	260
Словарь терминов . . . . .	261