## 11-Астрофизика, физика космоса

Бутенко Александр Вячеславович, магистрант 2 года обучения Пущино, Пущинский государственный университет, физический Оценка эффективности работы антенны в ходе ежедневных наблюдений Тюльбашев Сергей Анатольевич, к.ф.-м.н. e-mail: *butenko33@rambler.ru* стр. 354 Валитов Ильдар Искандарович, аспирант 3 года обучения Стерлитамак, Стерлитамакская государственная педагогическая академия им. Зайнаб Биишевой, Институт математики и естественных наук Замечания по сферическому скалярному полю гало галактик Камал Канти Нанли. PhD e-mail: *diamond921@yandex.ru* стр. 354 Гарипова Гузель Миннизиевна, аспирант 2 года обучения Стерлитамак, Стерлитамакская государственная педагогическая академия им. Зайнаб Биишевой, Институт математики и естественных наук Влияние космологической константы и конформного параметра на отклонение световых лучей вблизи массивных тел в рамках вакуольной модели e-mail: goldberg144@gmail.com стр. 355 Коксин Алексей Михайлович, 4 курс Кемерово, Кемеровский государственный университет, физический Разработка программного продукта для поиска планет внесолнечного типа Павлова Татьяна Юрьевна, к.ф.-м.н. e-mail: astrowander@gmail.com стр. 357 Кравцова Марина Владимировна, м.н.с. Иркутск. Институт солнечно-земной физики СО РАН Вариации пороговых жесткостей геомагнитного обрезания космических лучей в августе 2005 г. Сдобнов Валерий Евгеньевич, к.ф.-м.н. e-mail: rina@iszf.irk.ru стр. 360 Кравцова Марина Владимировна, м.н.с. Иркутск, Институт солнечно-земной физики СО РАН Вариации функции распределения космических лучей в августе 2005 г. Сдобнов Валерий Евгеньевич, к.ф.-м.н. e-mail: *rina@iszf.irk.ru* стр. 358 Усанин Владимир Сергеевич, аспирант 3 года обучения Казань, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт физики Изменение негравитационных параметров кометы Брукса 2 как следствие её угасания Ишмухаметова Марина Геннадьевна, Кондратьева Екатерина Дмитриевна, к.ф.-м.н. e-mail: VUsanin@yandex.ru стр. 361 Чечкин Антон Вадимович, 5 курс Красноярск, Сибирский федеральный университет, физический Рефракция света в атмосфере Земли. Хроматическая рефракция e-mail: *a.4ech@yandex.ru* стр. 362

#### Оценка эффективности работы антенны в ходе ежедневных наблюдений Бутенко Александр Вячеславович

Пущинский государственный университет Тюльбашев Сергей Анатольевич, к.ф.-м.н. <u>butenko33@rambler.ru</u>

В рамках программы «Космическая погода» на радиотелескопе БСА ФИАН проводятся наблюдения нескольких сотен радиоисточников, и ведется ежедневный мониторинг состояния межпланетной плазмы. Радиотелескоп позволяет проводить наблюдения одновременно в двух диаграммах направленности, каждая из которых состоит из 16 лучей перекрывающих около восьми градусов по склонению одновременно. Ориентация диаграммы направленности: по небесному меридиану. В наблюдениях по нашей программе используется частота наблюдений 111.5 МГц, полоса приема 600 кГц, постоянная времени 0.1 с. Эффективная площадь БСА – 20 000 - 25 000 м2 в направлении на зенит. Размер луча приблизительно составляет 1° × 0.5° (в направлениях восток-запад и север-юг). На настоящий момент времени БСА является самым высокочувствительным радиотелескопом в мире в метровом диапазоне длин волн. Для мониторинга межпланетной плазмы используются компактные (мерцающие) источники, имеющие угловые размеры меньше 1″.

Так как склонение Солнца в течение года изменяется от -22° (зимой) до 22° (летом), то оптимальные элонгации для наблюдений мерцающих источников достигаются в разных областях неба. По этой причине для мониторинга выбраны две площадки наблюдений: с координатами по склонению от 3.50 до 12.50 с октября по март и 28.50 до 350 с марта по октябрь.

Прежде, чем проводить обработку наблюдений необходимо иметь их качественную оценку. В частности необходимо знать чувствительность в ходе наблюдений, отношения сигнал к шуму у исследуемых источников и др.. С этой целью была создана программа автоматической оценки чувствительности наблюдений на БСА. Для успешной работы программы был составлен список источников, имеющих оценку плотности потока на частоте наблюдений, т.е. калибровочных источников. Из списка калибровочных источников считывались координаты и плотности потока источников в луче. Далее определялось среднеквадратичное отклонение шумовой дорожки для каждого источника в Янских. Конечный результат работы программы - оценка флуктуаций шумовой дорожки в Янских внутри исследуемой площадки, и отдельно для каждого луча.

Колебания полученной оценки чувствительности связаны в первую очередь с изменением погодных условий, которые могут влиять на состояния антенно-фидерного тракта антенны. Например, средняя чувствительность наблюдений по нижней площадке в течение месяца (с 17 октября 2009 по 17 ноября 2009) составляет 2.42 Ян, а по верхней площадке (с 21 сентября 2010 по 21 октября 2010) 2.09Ян. По полученному распределению чувствительности проводится отбор дней с малым количеством помех, которые в дальнейшем будут использованы для оценок параметров мерцающих источников.

#### Замечания по сферическому скалярному полю гало галактик Валитов Ильдар Искандарович

Стерлитамакская государственная педагогическая академия имени Зайнаб Биишевой Камал Канти Нанди <u>diamond921@yandex.ru</u>

Одной из выдающихся проблем в современной астрофизике является проблема черной материи, которую можно представить как объяснение наблюдаемому вращению галактического гало. Т. Матос, Ф.С. Гузман, и Д. Нунез [1] впервые предложили модель для галактического гало в теории скалярного поля, которая получила большое внимание. Мы утверждаем, что анализ модели скалярного поля, может полностью обнародовать физическую природу гало только тогда, когда выполняется определенное условие. Мы устанавливаем это условие, а также вычисляем его воздействие на наблюдаемые параметры модели [2]. Исследования утверждают, что тангенциальная скорость приблизительно уменьшается с уменьшением расстояния в области гало. Единственный путь, по которому можно объяснить результаты этого наблюдения – это принять, что линейная масса увеличивается с расстоянием. Светящаяся масса в галактике не подчиняется такому поведению. Следовательно, по этой гипотезе должно быть большое количество не светящиеся материи. Эта невидимая материя получила название темной материи. Очень важно подметить, что авторы [1] сконструировали точное решение уравнения Эйнштейна, которое получено из скалярного поля, обеспечивающая плотность профиля  $1/r^2$  вместе с другими функциями. Как частное утверждение, они нарисовали взаимодействия проблем

темной материи гало. Проблема, являясь важной сама по себе, может быть ключом к решению. Целью этой статьи является показать условия, при которых это возможно.

Нужно отметить, что решение в [1] было раскритиковано из-за его особого поведения, которое отмечено в [3]. Существуют также другие модели гало в научной литературе, которые располагают к единственному решению [4]. Пока мы заинтересованы во внешних исследованиях гало, а исследовательская группа [1] рассматривают внутреннюю область. Они получили несколько новых результатов для модели скалярного поля темной материи в галактиках: решение с осевой симметрией, включая внутреннюю область [5], зависящее от времени [6], полное не линейное Ньютоново увеличение точки вращения. Мы думаем, что также полезно учитывать зависимость, выходящую из локальной шкалы, которая уточнит релятивистическую природу сферическо-симметрической модели гало.

Основным результатом исследования [2] является то, что произвольная постоянная интегрирования из уравнения 2 [2]  $D \ge 10^{-7}$ , а не D = 0. Конечно, самое минимальное ограничение D очень мало и близко к нулю. Но в результате, из-за этого можно получить полностью неправильную картину гало. Мы проанализировали модель, принимающую во внимание только самое низкое значение D. Подобный анализ может быть выполнен с другими значениями D, также применительно к предложенному нижнему пределу. Мы можем сказать, что заключение Matoca, Гузмана, и Нунеза из [1] о неньютоновой природе гало правильно, если присутствует ограничение на D. С этим ограничением их модель может действительно быть физически оправданной. В заключении отметим, что данная тема требует дальнейшего исследования.

#### Список публикаций:

[1]T. Matos, F.S. Guzman and D. Nunez, Phys. Rev. D 62, 061301 (2000)

[2]K.K. Nandi, I. Valitov and N. G. Migranov, Phys. Rev. D 80, 047301 (2009)

[3] U. Nucamendi, M. Salgado and D. Sudarsky, Phys. Rev. D 63, 125016 (2001)

[4] F. Rahaman, M. Kalam, A. DeBenedictis, A.A. Usmani and Saibal Ray Mon. Not. R. Astron. Soc. 389, 27 (2008)

[5] T. Matos, F.S. Guzmatn, Class. Quantum Grav. 18, 5055 (2001)

[6] M. Alcubierre, F.S. Guzman, T. Matos, D. Nunez, L.A. Urena-Lopez and P. Wiederhold, Class. Quantum Grav. 19, 5017 (2002)

#### Название Влияние космологической константы и конформного параметра на отклонение световых лучей вблизи массивных тел в рамках вакуольной модели Гарипова Гузель Миннизиевна

Камал Канти Нанди, Миколайчук Ольга Владимировна Стерлитамакская государственная педагогическая академия Камал Канти Нанди, д.ф.-м.н. goldberg144(@gmail.com

Согласно общей теории относительности, свет порождает свое гравитационное поле, но оно неощутимо мало. Однако свет испытывает влияние гравитационных полей других объектов. В связи с этим, отклонение световых лучей в поле тяготения массивных тел (например, Солнца) служит экспериментальным подтверждением справедливости положений ОТО [1].

В данной работе мы вычисляем угол, на который отклоняется луч света в вакуоли Шварцшильда–де Ситтера, с точностью до члена второго порядка. В результирующей формуле, благодаря присутствию космологической константы  $\Lambda$ , появляются новые слагаемые, описывающие отталкивание. Одно из этих слагаемых представляет собой модификацию выражения, полученного М. Исхаком и др. [2]. Также наш анализ учитывает влияние на отклонение света конформного параметра  $\gamma$ . Его знак и точное значение достаточно сильно влияют на окончательные результаты.

Согласно принимаемой нами модели, галактики и скопления галактик (далее для краткости мы будем называть их линзами) погружены в вакуоль де-Ситтера, размер которой значительно превышает их

собственные размеры. Существует некий граничный радиус вакуоли  $r_b$ , характеризующийся переходом от пространства-времени Шварцшильда-де Ситтера к фоновому пространству-времени Фридмана-Робертсона-Уолкера. Предполагается, что искривление траектории световых лучей имеет место исключительно внутри вакуоли, во внешней же области оно полностью отсутствует. Исхак и др. показали, что влияние  $\Lambda$  также ограничивается внутренней областью вакуоли и вычислили верхний предел для этой величины, отличающийся от принятого в космологии значения всего на два порядка [2]. Одним из наиболее изученных решений конформных полевых уравнений Вейля, которое содержит и космологическую константу  $\Lambda$ , и конформный параметр  $\gamma$ , является решение Маннхайма–Казанаса [3]. Вид метрики (G = c = 1):

$$d\tau^{2} = B(r)dt^{2} - \frac{1}{B(r)}dr^{2} - r^{2}(d\theta^{2} + \sin^{2}\theta \ d\varphi^{2}),$$
(1)

 $B(r) = 1 - \frac{2M}{r} + \gamma r - \frac{\Lambda}{3}r^{2}, \qquad (2)$ 

где M – масса центрального тела,  $\Lambda$  и  $\gamma$  – константы. Принятое на данный момент значение  $\Lambda = 1.29 \times 10^{-56}$  см<sup>-2</sup>, а что касается  $\gamma$ , то единства мнений здесь нет. В целях демонстрации мы берем  $\gamma = 3.06 \times 10^{-30}$  см<sup>-1</sup>, хотя значение может быть и другим.

Для вычисления угла отклонения можно воспользоваться уравнением орбиты в поле Шварцшильда:

$$\frac{d^2u}{d\varphi^2} = -u + 3Mu^2 - \frac{\gamma}{2}.$$
(3)

Это неявное уравнение, содержащее эллиптические интегралы первого рода. В классических учебниках встречается его решение в нулевом и первом приближении [4]. На сегодняшний день немало статей посвящено решению уравнения (3) во втором приближении, но они обладают существенным недостатком: в процессе интегрирования отбрасываются слагаемые, полагаемые малыми [5], [6].

Чтобы оценить вклад космологической константы и конформного параметра по отдельности, запишем:

$$\psi^{total} = \varepsilon^{SdS} + \psi^{MKdS} \,. \tag{4}$$

Решение с точностью до второго порядка с сохранением всех промежуточных слагаемых дает следующие результаты:

$$\varepsilon^{SdS} = \frac{2M}{R} + \frac{15\pi}{8} \left(\frac{M}{R}\right)^2 - \frac{MRA}{12\beta} \left(1 + 4\beta - 4\beta^2\right) - \frac{M^{5/3} (A\beta)^{1/3}}{12 \times 6^{1/3} R\beta^2} \left\{AR^2 + 8\beta^2 \left(6 + AR^2\right)\right\} - \left(\frac{M}{\beta A}\right)^{1/3} \left(\frac{AR}{6^{2/3}}\right) \left(1 - \beta\right),$$

$$\psi^{MKdS} = \gamma (X + Y),$$

$$X = -\left[R + \frac{3\pi M}{4} + \frac{167 M^2}{16R}\right],$$
(6)

$$Y = -\left[\frac{R\Lambda^{1/3}(5\beta - 2)}{2 \times 6^{1/3}} \left(\frac{M}{\beta}\right)^{2/3} + \frac{R\Lambda^{2/3}}{2 \times 6^{2/3}} \left(\frac{M}{\beta}\right)^{4/3} \left(30\beta^2 - 3\beta - 1\right) + \frac{M^2 R\Lambda}{6\beta^2} \left(37\beta^3 - \beta - 17\right) - \frac{3^{2/3} \pi\Lambda^{1/3} M^{5/3}}{4 \times 2^{1/3}} \left(\frac{1}{\beta}\right)^{2/3} (2\beta + 3)\right].$$
(7)

Здесь  $\beta = \Omega_M / \Omega_A$  – отношение плотности обычной материи к плотности темной материи в обезразмеренном виде. Мы оперируем значением  $\beta$ =0.37, опираясь на результаты соответствующих исследований в космологии [7], [8].

Полученные результаты не только согласуются с имеющимися на сегодняшний день экспериментальными и теоретическими данными, но и уточняют их во втором приближении. Список публикаций:

[1] Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. Гравитация. Т.1. – М.: Мир, 1997 г. – 474 с.

[2] Ishak M. et al., 2008, Mon. Not. Rov. Astron. Soc. 388, 1279

- [4] Ушаков Е. А. Основы теории относительности: Курс лекций. Мн.: БГУ, 2003 г. 110 с.
- [5] Bodenner J. and Will C.M., 2003, Am. J. Phys. 71, 770
- [6] Ishak M., Found. Phys., 2007, 37, 1470
- [7]Perlmutter S., et al., 1999, Astrophys. J. 517, 565

[8] Riess A., et al., 1998, Astron. J. 116, 1009

<sup>[3]</sup> Mannheim P.D. and Kazanas D., 1989, Astrophys. J. 342, 635

#### Разработка программного продукта для поиска внесолнечных планет методом транзитов Коксин Алексей Михайлович

Кемеровский государственный университет Павлова Татьяна Юрьевна, к.ф.-м.н. <u>astrowander@gmail.com</u>

Поиск экзопланет является важной задачей современной астрофизики. Ко времени написания этой работы открыто уже 420 планетных систем, некоторые из них содержат больше одной планеты, поэтому число открытых планет (514) превышает число систем. Большую их часть составляют газовые гиганты, по массе сопоставимые с Юпитером, потому что до недавнего времени точность измерений позволяла обнаруживать только планеты с большой массой. В настоящее время поиском экзопланет занимаются множество наземных обсерваторий (в том числе и любительских) по всему миру, а также две космические миссии – CoRoT и Kepler.

Самым легко реализуемым методом поиска экзопланет является транзитный метод. Он не требует дорогого и сверхточного оборудования. В общем, процесс поиска транзитных экзопланет включает в себя следующие звенья: получение серии фотоснимков некоторого участка неба  $\rightarrow$  построение по снимкам кривой блеска выбранной звезды с помощью алгоритмов обработки изображений  $\rightarrow$  проверка наличия транзитов  $\rightarrow$  вычисление параметров планеты.

Для выполнения первого этапа достаточно даже небольшого телескопа и достаточно малошумного приемника света. Для реализации оставшихся трех этапов необходимо соответствующее программное обеспечение. Свободно распространяемые программы, реализующие эти этапы, пока отсутствуют.

Цель данной работы – разработать такую программу. Возможно, ее появление в свободном доступе увеличит количество открываемых любителями экзопланет. Потенциальные пользователи программы могут получать сырые данные сами, а могут брать их из интернета. Некоторые команды выкладывают наблюдательные данные в Сеть, например миссия Кеплер. Когда основные алгоритмы уже будут реализованы, мы планируем обработать ими фотографии, полученные на своем оборудовании: фотоаппарат Canon 500D + телескоп ТАЛ-75R (75-мм рефрактор).

«Сырым материалом» для программы является серия снимков одного и того же участка звездного неба, сделанных в разное время. На выходе же мы должны получить параметры транзита или сообщение об их отсутствии. Основные этапы работы программы следующие:

1. Необходимо считать информацию из входных файлов в формате FITS. Сюда включаются как собственно данные (отсчеты пикселей), так и метаданные (число бит на пиксель, ширина, высота изображения в пикселях и т. д.)

2. Используя данные и метаданные изображений, нужно зарегистрировать на них все точечные источники света (звезды), измерить их характеристики (положение центроида, значение FWHM, отношение сигнал-шум, световой поток).

3. Если поток некоторых звезд изменяется, необходимо построить кривые блеска для этих звезд.

4. Тщательный анализ полученных кривых покажет, является ли данная звезда транзитной переменной. Если это так, то программа вычислит оптимальные параметры транзита.

Каждый этап реализуется одним крупным модулем. Всего программа будет насчитывать четыре модуля: модуль чтения файлов, модуль обработки изображений, модуль построения графиков и модуль анализа. К настоящему моменту реализованы первый и третий модули.

Рассмотрим вначале модуль построения графиков. Он работает при помощи двух окон — главного, откуда осуществляется управление графиком, и графическим, куда графики выводятся.

После запуска программа предложит создать список точек, который в дальнейшем можно будет обрабатывать отдельно от других списков. Программа может одновременно хранить до 10 списков, каждый из которых выводится в графическом окне определенным цветом. Разные списки используются для того, чтобы обеспечить одновременный вывод нескольких функций.



точек. и диалог добавления новой точки

рис 1 Скриншот программы, на котором представлены два списка

Пока модуль может совершать четыре операции — создание/удаление списка, добавление точки в список, удаление точки из списка. Позже в модуль будет добавлена функция загрузки списков из файла, чтобы другие модули могли передавать готовые списки точек. Но функция ручного добавления точек при этом будет оставлена.

MainWindow			
File			
RRLyr0005.FTS RRLyr2218.FTS RRLyr2242.FTS RRLyr2301.FTS RRLyr2321.FTS RRLyr2341.FTS	Bitpix Naxis Naxis1 Naxis2 Naxis3 Bzero BScale ISO Speed Exposure	16 3 4770 3178 3 32768 1 800 256	
Show header Remove File			

рис. 2. Скриншот модуля чтения файлов

Модуль чтения файлов позволяет загружать файлы в формате FITS, выделять из них метаданные и собственно данные. Согласно стандарту FITS, метаданные включают в себя информацию об изображении, которая необходима для обработки изображения: разрядность изображения, размерность массива данных, длительность экспозиции и т. п. Собственно данные представлены в виде многомерного массива Двоичный массив данных организован как поток байтов, байты считываются в том порядке, в каком они встречаются в файле. Считывая число за числом, строку за строкой мы сможем получить информацию обо всем изображении.

Этот массив содержит огромный объем информации. Его обработка является задачей модуля обработки изображений. Он, как и модуль анализа графиков, сейчас находится в стадии реализации.

#### Вариации функции распределения космических лучей в августе 2005 г. Кравцова Марина Владимировна Сдобнов Валерий Евгеньевич Институт солнечно-земной физики СО РАН Сдобнов Валерий Евгеньевич, к.ф.-м.н. <u>rina@iszf.irk.ru</u>

При использовании данных наземных наблюдений космических лучей (КЛ) на мировой сети станций для решения задач, связанных с мониторингом «космической погоды» необходима непрерывная регистрация интенсивности различных компонент КЛ на существующей мировой сети станций и применение специальных методик обработки данных, позволяющих использовать данную сеть как единый многоканальный прибор.

Исследуемый период характеризуется наличием в межпланетном пространстве нескольких высокоскоростных потоков со скоростями солнечного ветра (СВ) до ~ 700 км/сек, возрастаниями модуля межпланетного магнитного поля (ММП) до ~ 45 нТл и значительными амплитудами модуляции космических лучей КЛ (~ -6 - -8 %) на полярных и среднеширотных станциях), сопровождавшимися геомагнитными возмущениями свыше Dst ~ -200 нТл.

Для анализа использовались данные мировой сети станций нейтронных мониторов, исправленные на давление и усредненные за часовые интервалы. Амплитуды модуляции отсчитывались от фонового уровня 2 апреля 2005 г. Использовались данные 44 нейтронных мониторов.

Анализ выполнен с применением метода спектрографической глобальной съемки [1, 2], позволяющего по данным наземным наблюдений исследовать вариации жесткостного спектра и анизотропии КЛ, а также – изменения планетарной системы жесткостей геомагнитного обрезания (ЖГО) за каждый час наблюдений.



рис. 1. (а) – модуль ММП; (б) – скорость CB; (в) – временные профили вариаций глобальной интенсивности КЛ с жесткостью 4 ГВ (толстая линия) и 10 ГВ (тонкая линия); (г) – модуль первой сферической гармоники;(д) – амплитуда второй гармоники;(е) – изменения ЖГО  $\Delta R_c$  при  $R_c = 4 \Gamma B$  (толстая линия) совместно с Dst- индексом (тонкая линия)

Из *рис. 1* видно, что максимальная амплитуда модуляции для частиц с  $R = 4 \Gamma B$  наблюдалась 24 августа и составляла ~ -25%, а для частиц с  $R = 10 \Gamma B - 25$  августа и составляла ~ -10%. Показатель спектра вариаций ( $\gamma$ ) при жесткостях выше ~ 3–4 ГВ 24 августа в 12:00–13:00 UT составлял ~ -1.4, а в последующие часы – ~ -1.1. Амплитуды анизотропии для частиц с  $R = 4 \Gamma B$ , наблюдаемые в период максимальной модуляции 24 августа, составляли –  $A_1 \sim 45\%$ ,  $A_2 \sim 4-5\%$ . Максимальная амплитуда первой сферической гармоники для частиц с  $R = 4 \Gamma B$   $A_1 \sim 70\%$  наблюдалась 25 августа в 22:00 UT.

Во время Форбуш-эффекта 24 августа в 16:00, 17:00 UT, и 25 августа в 22:00 UT доминировала первая гармоника. Интенсивность КЛ была понижена на ~ 30 %, ~ 40 % и ~ 50 %, соответственно, из направления  $\psi \sim 270^\circ$ ,  $\lambda = \sim 10^\circ$  (относительно линии Земля–Солнце). 24 августа в 24:00 UT и 26 августа в 16:00 UT заметен вклад двунаправленной анизотропии с повышенной интенсивностью КЛ из направления перпендикулярного ММП. Двунаправленная анизотропия КЛ с жесткостью R = 4 ГВ заметна также 31 августа в 10:00 UT. В 19:00 и в 21:00 UT 31 августа доминирует первая гармоника анизотропии КЛ, причем, если пониженная интенсивность КЛ с жесткостью R = 4 ГВ наблюдалась в противоположном направлении.

Наблюдаемая высокая степень анизотропии, в том числе и двунаправленной в угловом распределении КЛ, изменчивость их фаз свидетельствуют, во-первых, о выносе магнитных облаков и петлеобразных структур ММП корональными выбросами вещества и, во-вторых, – о высокой степени регулярности ММП в этих структурах [3].

Данная работа поддержана программой Президиума РАН «Физика нейтрино и нейтринная астрофизика» в рамках проекта «Космические лучи в гелиосферных процессах по наземным и стратосферным наблюдениям».

Список публикаций:

<sup>[1]</sup> Dvornikov V.M., Sdobnov V.E. and Sergeev A.V., Proc. 18th ICRC, Bangalore, India, 3, 249 (1983).

<sup>[2]</sup> Dvornikov V.M. and Sdobnov V.E., IJGA. 3, 3, 217 (2002).

<sup>[3]</sup> Richardson I.G., Dvornikov V.M., Sdobnov V.E. et al., J.Geophys.Res, 105, A6, 12579 (2000).

# Вариации пороговых жесткостей геомагнитного обрезания космических лучей в августе 2005 г.

Кравцова Марина Владимировна Сдобнов Валерий Евгеньевич Институт солнечно-земной физики СО РАН Сдобнов Валерий Евгеньевич, к.ф.-м.н. <u>rina@iszf.irk.ru</u>

Исследованы изменения пороговых жесткостей геомагнитного обрезания (ЖГО) в августе 2005 г. Для анализа использовались усредненные за часовые временные интервалы наземных измерений на мировой сети нейтронных мониторов (44 станции). Амплитуды модуляции отсчитывались от спокойного уровня 2 апреля 2005 г.

Методом СГС [1] получена информация о вариациях углового и энергетического распределения первичных КЛ за пределами магнитосферы Земли, а также, – об изменениях планетарной системы ЖГО за каждый час наблюдений.

В августе 2005 г. произошли 2 магнитные бури различной мощности – 24–25 августа (Dst =  $\sim$  -216 нТл, |B|  $\sim$  45 нТл, B<sub>z</sub>  $\sim$  -40 нТл) и 31 августа (Dst =  $\sim$  -130 нТл, ,|B|  $\sim$  17.5 нТл, B<sub>z</sub>  $\sim$  -17 нТл). Временной ход изменений ЖГО для станции с пороговой ЖГО Rc = 3.66 ГВ (Иркутск) в период 24–31 августа хорошо коррелирует с Dst-индексом. Коэффициент корреляции между изменением пороговой ЖГО  $\Delta$ Rc и Dst-индексом составляет  $\sim$  0.83. Коэффициент корреляции между  $\Delta$ Rc и Dst-индексом для пункта с Rc = 10.8 ГВ (ESOI) в этот период низок и составляет  $\sim$  0.5. Максимальные значения понижения ЖГО на станции Иркутск по времени совпадают с максимальными понижениями геомагнитного поля (24.08 в 12:00 – 13:00 UT ,  $\Delta$ Rc = -1.25-1.30 ГВ, Dst =  $\sim$  -200 нТл; 31.08 в 18:00 UT ,  $\Delta$ Rc=-0.7 ГВ, Dst =  $\sim$  -130 нТл) а на станции ESOI (Израиль) происходят на несколько часов позднее (25.08 в 04:00 UT ,  $\Delta$ Rc=-0.66 ГВ, Dst =  $\sim$  -83 нТл; 31.08 в 22:00 UT ,  $\Delta$ Rc = -0.48 ГВ, Dst =  $\sim$  -109 нТл).

На *рис. 1* представлены широтные хода изменений ЖГО для нескольких моментов времени в августе 2005 г. (сплошная линия), а штриховыми линиями – результаты расчетов влияния тока, текущего в западном направлении по параллелям на сфере с силой, пропорциональной косинусу широты, для разных радиусов токового кольца в дипольном поле [2, 3]. Из рисунка видно, что 24 августа в 10:00 UT радиус токового кольца был ~ 3 радиусов Земли ( $r_{\odot}$ ), в 11:00 UT радиус токового кольца – ~ 5  $r_{\odot}$ , в 12:00 – ~ 9  $r_{\odot}$ , 15:00, а в 18:00 и 21:00 UT – ~ 5  $r_{\odot}$ . З1 августа к концу суток изменения ЖГО на низкоширотных станциях КЛ были больше, чем на высоких и средних широтах. В этот период радиус токового кольца уменьшался от ~ 5 до ~ 3  $r_{\odot}$ .



рис. 1. Зависимость изменений ЖГО  $\Delta Rc$  от пороговых жесткостей Rc в отдельные моменты геомагнитных возмущений в августе 2005 г (сплошная линия), рассчитанная по данным мировой сети станций КЛ и зависимость изменений ЖГО  $\Delta Rc$  от пороговых жесткостей Rc по расчетам влияния тока, текущего в западном направлении по параллелям на сфере с силой, пропорциональной косинусу широты, для разных радиусов токового кольца в дипольном поле (штриховая линия)

На основе проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

• Нет однозначной связи между временными профилями изменений ЖГО на низкоширотных станциях КЛ и Dst-индексом. В то же время существует хорошее соответствие между этими величинами для среднеширотных пунктов наблюдения КЛ.

• По поведению зависимости изменений пороговых ЖГО (ΔRc) от пороговых жесткостей Rc можно судить о радиусе токового кольца в дипольном поле.

• Полученные результаты могут быть использованы для тестирования различных моделей магнитосферных токовых систем и их динамики в периоды геомагнитных возмущений.

Данная работа поддержана программой Президиума РАН «Физика нейтрино и нейтринная астрофизика» в рамках проекта «Космические лучи в гелиосферных процессах по наземным и стратосферным наблюдениям».

Список публикаций:

Dvornikov V.M. and Sdobnov V.E., Solar Phys, 178 (2), 405-422 (1998).
 Treiman S.B., Phys.Rev. 89, 1, 130-133 (1953).
 Дорман Л.И., Смирнов В.С. и Тясто М.И. Космические лучи в магнитном поле Земли. Наука. М., 289. (1971).

#### Изменение негравитационных параметров кометы Брукса 2 как следствие её угасания Усанин Владимир Сергеевич

Казанский (Приволжский) федеральный университет Ишмухаметова Марина Геннадьевна, к.ф.-м.н.; Кондратьева Екатерина Дмитриевна, к.ф-м.н. Vladimir.Usanin@ksu.ru

Ещё в первой четверти XIX века было обнаружено, что на движение комет, помимо гравитации, воздействуют также негравитационные силы, по современным представлениям, реактивной природы. В настоящее время для их учёта наиболее широко используется модель Марсдена [1], предложенная в 1973 году. Согласно этой модели, компоненты негравитационного ускорения в орбитальной системе координат (*i*=1; 2; 3 – радиальное, трансверсальное и нормальное направления) определяются формулой:

$$w_i = A_i g(r(t)), \tag{1}$$

где зависимость от изменяющегося со временем t гелиоцентрического расстояния r (в а. е.) даётся функцией

$$g(r) = 0.111262 \cdot 10^{-8} (r/2.808)^{-2.15} (1 + (r/2.808)^{5.093})^{-4.6142},$$
(2)

а параметры  $A_i$  (в а. е./(10<sup>4</sup> сут.)<sup>2</sup>) считаются постоянными. Из наблюдений наиболее надёжно оценивается  $A_2$ .

Таким образом, в модели Марсдена, оказываясь на одинаковых гелиоцентрических расстояниях, на каждом витке вокруг Солнца комета должна испытывать одинаковые негравитационные ускорения. Но это не соответствует наблюдениям для многих комет, то есть их параметры  $A_i$  изменяются во времени. Большинство современных моделей [2] объясняет эти изменения прецессией осей вращения кометных ядер с отдельными активными областями на поверхности. При этом не учитывается, что расход вещества на реактивную силу приводит к уменьшению массы и вековому угасанию активности ядра, следовательно модели не являются самосогласованными. Напротив, автором показано [3, 4], что изменение  $A_2$  кометы Энке на долгом интервале времени может быть объяснено угасанием даже без учёта прецессии и изменения формы ядра. Убывание массы ядра может вызывать возрастание параметров по модулю, но образование на нём препятствующей сублимации маломассивной корки, либо накопление без препятствия сублимации значительной нелетучей массы приводит к приближению  $A_i$  к нулю. Последний вариант даёт лучшие результаты для кометы Энке при меньшем числе дополнительных параметров. Выведенные автором уравнения этой модели имеют вид:

$$A_{i} = A_{i0} \frac{\chi^{2} (\chi_{0}^{3} + 1)}{\chi_{0}^{2} (\chi^{3} + 1)},$$
(3)

$$\frac{d\chi}{dt} = -\alpha g(r(t)), \qquad (4)$$

$$\alpha = \text{const},$$
 (5)

361

где  $\mathcal{X} \ge 0$  – безразмерная величина, изменяющаяся пропорционально радиусу ледяной поверхности;  $\alpha \ge 0$  – комбинация параметров ядра и фундаментальных констант, имеющая смысл скорости обтаивания в единицах  $\mathcal{X}$  на единичном r; величины с индексом «0» относятся к произвольно фиксированному моменту времени. Окончательные значения параметров должны находиться из астрометрических наблюдений комет. Но можно получить предварительное, формальное, решение, используя приведённые в литературе значения  $A_i$  для

различных эпох. Поскольку негравитационные параметры и элементы орбиты изменяются обычно медленно, функция g(r(t)) в предварительном решении может быть заменена своим средним значением, зависящим от большой полуоси a и эксцентриситета e орбиты.

Анализ имеющихся в литературе данных об изменениях  $A_2$  комет, наблюдавшихся в 15 и более появлениях, показал следующее. Параметры комет Фая, Понса-Виннеке и Копфа меняют знак, следовательно здесь требуется учёт прецессии. Систематических изменений параметров комет Темпеля 2 и Григга-Скьелерупа

не заметно из-за больших ошибок их определения. Комета Д'Арре имеет почти постоянный  $A_2$ , и к ней должна быть применима обычная модель Марсдена. Для кометы Галлея параметры известны лишь в нескольких последних появлениях, поэтому их ход не ясен. Напротив, негравитационные параметры кометы Вольфа определялись в ранних появлениях, после чего угасли. Только в случае кометы Брукса 2 достаточно данных для построения детальной модели с угасанием и без прецессии (рис.1). Параметры решения для начальной и конечной дат приведены в таблице. Модель предсказывает полное угасание кометы около 2199 года.



рис.1. Формальное решение уравнений (3)–(5) для кометы Брукса 2.

Год	$A_2$	lpha , cyt. <sup>-1</sup>	χ
1889	-0,3055	8 10 10 <sup>-6</sup>	0,0140
2026	-0,09523	8,10.10	0,00782

#### Список публикаций:

[1] Marsden B. G., Sekanina Z., Yeomans D. K. Comets and nongravitational forces. V. // Astronomical Journal. 1973. V. 78. № 3. P. 211–225.

[2] Yeomans D. K., Chodas P. W., Sitarski G., Szutowicz S., Królikowska M. Cometary Orbit Determination and Nongravitational Forces // Comets II (Festou M. C., Keller H. U., Weaver H. A., eds.). Tucson: Univ. Arizona Press. 2004. P. 137–151.

[3] Усанин В. С. Изменение негравитационных параметров кометы Энке как следствие её угасания // Околоземная астрономия 2009. Сборник трудов конференции, Казань, 22–26 августа 2009 г. М.: ГЕОС, 2010. С. 209–215.

[4] Усанин В. С. Изменение негравитационных параметров кометы Энке как следствие её угасания // Учёные записки Казанского университета. Серия Физико-математические науки. (В печати.)

### Рефракция света в атмосфере Земли. Хроматическая рефракция Чечкин Антон Вадимович Сибирский федеральный университет

Границкий Лев Васильевич, к.ф.-м.н. <u>a.4ech@yandex.ru</u>

Рефракция астрономическая — явление преломления световых лучей от небесных светил при прохождении через атмосферу. Таким образом, лучи света распространяются не прямолинейно, а по некоторой кривой линии и наблюдатель видит объекты не в направлении их действительного положения, а вдоль

касательной к траектории луча в точке наблюдения, что вносит погрешности в определение истинных координат объекта оптическими методами.

Во многих астрономических справочниках есть формула [1,2] для учёта рефракции:

$$\rho = 60,25" \cdot tg(z') \tag{1}$$

Но эта формула пригодна лишь для зенитных расстояний меньше 70°. В моей курсовой работе [3] была получена формула, позволяющая удовлетворительно описывать результаты наблюдений, и с достаточной степенью точности учитывать влияние рефракции, изменяющей истинные координаты объекта, с использованием лишь двух дополнительно введенных коэффициентов:



рис. 1. Величина рефракции в зависимости от зенитного расстояния

Однако эта формула описывает этот эффект для белого света, не учитывая зависимость показателя преломления от частоты света. Как известно, Красные лучи преломляются атмосферой слабее, чем синие, в результате объекты, находящиеся за пределами атмосферы Земли приобретают радужную окраску, а вблизи горизонта звезда, вообще может разлагаться атмосферой в спектр [4]. Величину данного эффекта можно оценить количественно, сняв несколько звезд, на разной высоте вблизи горизонта.

Для этого было отснято 8 видеороликов, длительностью около 300 кадров. Эти кадры в программе Registax отсортировывались по качеству, выравнивались друг относительно друга и 100 кадров арифметически складывались, чтобы усреднить влияние атмосферной турбуленции и цифровых шумов приёмника. После сложения производилась оценка, насколько цветовые каналы сдвинуты друг относительно друга.

Располагая этими данными можно попробовать изменить формулу (2) так, чтобы она могла хотя бы приблизительно описывать зависимость величину рефракции от длины волны. Для этого можно, оставляя неизменной величину  $z_{vca}$  варьировать величину n.

Используя метод двойного логарифмирования, который описан в курсовой работе "Рефракция света в атмосфере Земли", получаем значения *n* соответственно: *n<sub>кp</sub>* = 19,2063761 и *n<sub>cun</sub>* = 23,3190038

Для того чтобы представить результаты, которые дают модифицированные формулы для красного и синего цвета, на графике будем откладывать дифференциальную рефракцию — разницу между формулой для белого света и формулой для каждого цвета в отдельности.

(2)



рис.2. Дифференциальная рефракция в зависимости от зенитного расстояния

На графике виден некий максимум для обоих каналов, после которого величина дифференциальной рефракции якобы начинает уменьшаться. На самом деле этого не наблюдается, и она растёт вплоть до самого горизонта. На графике этот максимум появляется из-за нашего допущения, что величина  $z_{ycn}$  остаётся

постоянной, что на самом деле неверно, но для того чтобы это учесть, требуются дополнительные более сложные измерения. Также видно, что явлением хроматической рефракции можно пренебречь при зенитных углах меньше 70-ти градусов, потому что при наблюдении объекта через атмосферу Земли разрешающая способность практически любой оптической системы редко превышает одну угловую секунду.

Список публикаций:

[1] Кононович Э.В. Общий курс астрономии / Э.В. Кононович, В.И. Мороз. М.: Едиториал УРСС, 2004.

[2] Куликовский П.Г. Справочник любителя астрономии / П.Г Куликовский. М.: Наука, 1971.

[3] Чечкин А. В. Рефракция света в атмосфере Земли. 2009.

[4] Атмосферная рефракция // <u>http://www.astronet.ru/db/msg/1178098</u>