

УДК 523.947-355

ЦИКЛИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ ЗЕЛеноЙ КОРОНАЛЬНОЙ ЛИНИИ

© 2005 г. О. Г. Бадалян¹, В. Н. Обридко¹, Ю. Сикора²

¹Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, Троицк, Россия

²Астрономический институт Словацкой академии наук, Татранска Ломница, Словацкая Республика

Поступила в редакцию 01.12.2004 г.; принята в печать 03.12.2004 г.

Пространственно-временное распределение яркости зеленой корональной линии Fe XIV 530.3 нм и ее циклические вариации анализируются на длинном временном интервале, охватывающем более 5 циклов (1943–2001). С этой целью был подготовлен специальный кинофильм, представляющий собой визуализацию базы данных о яркости рассматриваемой линии. Выяснено, что существенная перестройка пространственного распределения яркости зеленой корональной линии (Coronal Green Line Brightness — CGLB) происходит в течение довольно короткого отрезка времени вблизи так называемых опорных точек цикла, определяемых по набору различных индексов солнечной активности. Выявлено существование активных долгот, наблюдающихся в CGLB в течение 1.5–3 лет. Обнаружены антиподальные и “перемежающиеся” активные долготы. Этот кинофильм может быть использован для сопоставления CGLB с другими характеристиками солнечной активности, в частности, с магнитными полями. Кинофильм находится по адресу <http://helios.izmiran.rssi.ru/hellab/Badalyan/green/>.

1. ВВЕДЕНИЕ

Интенсивность самой яркой в оптическом диапазоне эмиссионной линии солнечной короны FeXIV $\lambda 530.5$ нм является очень информативным индексом солнечной активности. К настоящему времени имеется достаточно длинный ряд систематических наблюдений зеленой линии, охватывающий более 5 последних циклов солнечной активности. Большим достоинством этого индекса является то, что он определяется одновременно для всех гелиографических широт, тем самым позволяя изучать солнечную активность по однотипному материалу на всей поверхности Солнца — в отличие от, например, чисел Вольфа, характеризующих активность в низких широтах, или полярных факелов, возникающих в высоких широтах.

Зеленая корональная линия светится в областях нижней короны при температуре ~ 2 МК, наиболее благоприятной для возникновения иона FeXIV. Согласно расчетам ионизационного равновесия в короне [1], ионизационная кривая для FeXIV является довольно узкой, поэтому при уменьшении температуры светящейся области, так же как и при существенном ее увеличении, число ионов FeXIV сильно уменьшается, вследствие чего линия ослабевает. Поскольку, с другой стороны, интенсивность эмиссионной линии пропорциональна квадрату плотности, областями яркого свечения зеленой корональной линии являются плотные петли и скопления петель внутренней короны. Существование таких

областей связано с корональными магнитными полями и контролируется ими. Таким образом, изучение пространственно-временного распределения яркости зеленой короны дает возможность проследить эволюцию корональных магнитных полей. Важным здесь является то, что яркость зеленой короны является индексом, измеряемым непосредственно, в отличие от напряженности магнитного поля в короне, которая рассчитывается при некоторых предположениях на основе фотосферных наблюдений. Важно также то, что временной интервал наблюдений зеленой корональной линии существенно превышает тот, в течение которого имеются систематические наблюдательные данные о фотосферных магнитных полях.

Длинный ряд наблюдений CGLB существенно дополняют имеющиеся в настоящее время внеатмосферные наблюдения короны. Изображения короны, получаемые с помощью космических аппаратов Yohkoh, SOHO, TRACE, КОРОНАС охватывают период с 1991 г. Такие наблюдения позволяют сопоставлять снимки короны в различных ультрафиолетовых и рентгеновских линиях с ежедневными картами наблюдаемого магнитного поля. Излучение, регистрируемое на космических аппаратах в линии FeXII $\lambda 195$ Å, возникает практически в тех же областях, в которых светится зеленая корональная линия. На снимках в $\lambda 195$ Å видно, что излучение короны усилено над активными областями и ослаблено над корональными дыра-

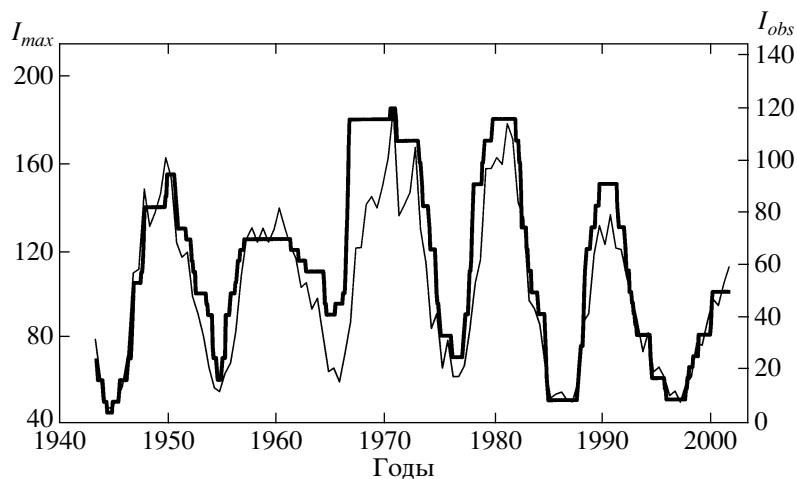


Рис. 1. Циклический ход яркости зеленой корональной линии I_{max} , принятый для кинофильма (жирная кривая) и сопоставление его с наблюдаемым ходом яркости I_{obs} в экваториальной зоне $\pm 20^\circ$ (тонкая кривая).

ми. Однако, поскольку аппаратура на различных космических аппаратах не идентична, это может приводить к сильной неоднородности наблюдательного материала. Данное обстоятельство, так же как и относительно небольшой период, охваченный внеатмосферными наблюдениями, затрудняет использование этих наблюдений для изучения долговременных и циклических изменений физических условий во внутренней короне.

Сопоставление пространственно-временного распределения CGLB с напряженностью магнитного поля и его компонентами представляется перспективным методом исследования вариаций солнечной активности и механизмов нагрева короны. В [2, 3] рассмотрена связь между циклическими вариациями CGLB и корональными магнитными полями. Проведено сопоставление синоптических карт распределения яркости зеленой линии и магнитных полей на уровне свечения зеленой линии, рассчитанных в потенциальном приближении по данным наблюдений поля на уровне фотосферы. Это позволило выяснить степень коррелированности яркости зеленой линии с напряженностью магнитного поля в солнечной короне.

Длительные патрульные наблюдения CGLB существенны также при рассмотрении проблемы так называемых активных долгот. Для изучения этого феномена требуются длинные ряды данных, и значительное количество работ было посвящено его рассмотрению [4–8]. Следует, однако, отметить, что многие результаты не всегда достоверны и иногда противоречат друг другу. Это происходит из-за целого ряда причин. Во-первых, скорости вращения различных трассеров, по-видимому, отличаются от кэррингтоновской скорости. Более того, показано, что солнечная плазма, переносящая эти трассеры, обнаруживает две различные угловые

скорости вращения. Во-вторых, хорошо известно, что скорость вращения зависит от широты, и эта зависимость может быть различной для различных трассеров. И, наконец, метод трассеров имеет принципиальный недостаток, поскольку трассеры не образуют непрерывного числового поля. Следовательно, для получения такого поля, например, для солнечных пятен, следует принимать во внимание частоту их появления в данной точке солнечной поверхности. Однако, выше широт 30° пятна возникают редко и достоверность результатов уменьшается. Таким образом, реальным преимуществом данных о яркости зеленой корональной линии является то, что они образуют однородное и непрерывное числовое поле для всего диска Солнца в течение длинной временной шкалы. Исследование активных долгот по CGLB на коротких временных интервалах было выполнено в [9–11].

Большой интерес представляют области слабого свечения зеленой линии. Эти области Вальдмайер [12, 13] назвал корональными дырами (Löcher по-немецки), а позднее они были отождествлены с областями пониженной яркости в экстремальном ультрафиолетовом и рентгеновском излучении [14–16]. Подробный атлас синоптических карт CGLB за период 1947–1976 [17] позволил авторам идентифицировать области слабого свечения зеленой короны, близкие по свойствам к корональным дырам. Детальное изучение размеров и расположения областей слабого свечения зеленой короны позволило выявить их связь с солнечным ветром и геомагнитной активностью [18]. Области слабого свечения зеленой короны могут быть статистически связаны с областями пониженной напряженности магнитного поля на той же высоте.

В данной работе изучается пространственно-временное распределение CGLB в циклах

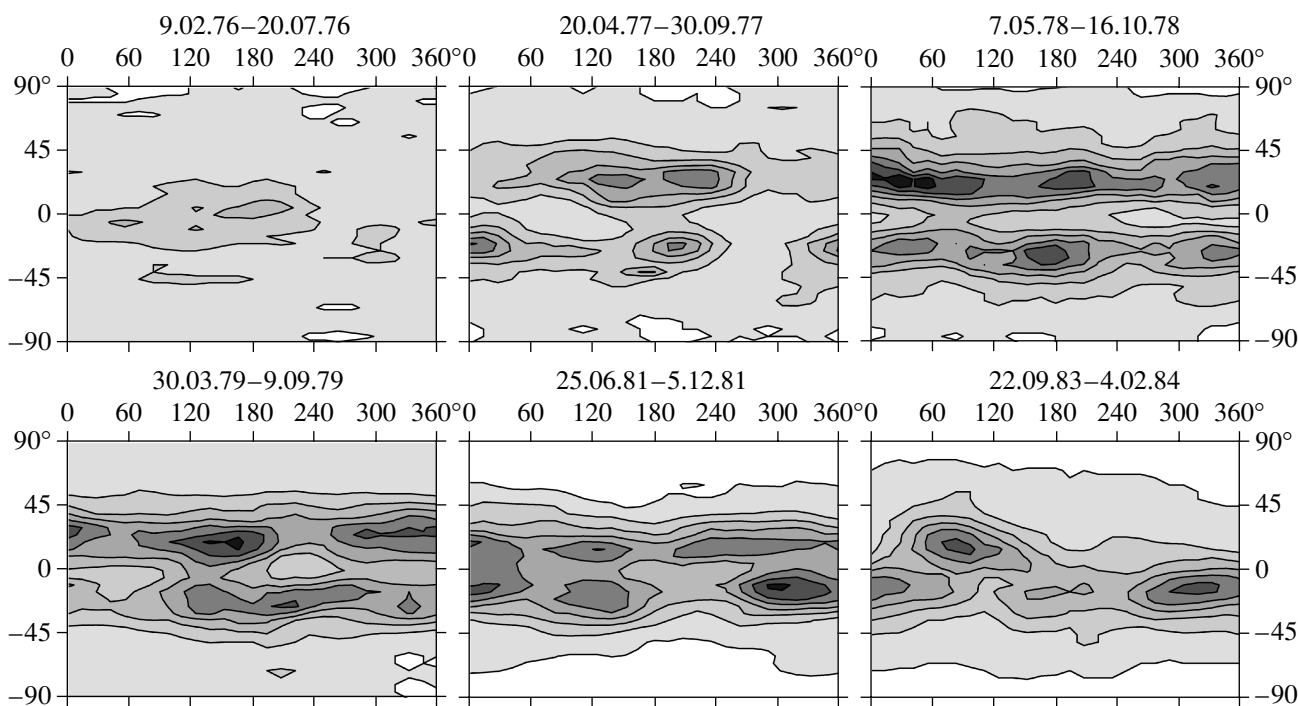


Рис. 2. Характерные синоптические карты зеленой корональной линии для цикла 21. Каждая из карт есть усреднение по 6 кэррингтоновским оборотам, временной интервал указан над каждой картой. Общий диапазон яркости на каждой карте разделен на 8 уровней, черный цвет соответствует наибольшей яркости, белый — наименьшей. По оси абсцисс указана гелиографическая долгота, по оси ординат — широта. Шаг между изолиниями ΔI на последовательных картах равен 7.5, 11, 15, 20, 22.5 и 10 абсолютных корональных единиц.

18–23. Последовательность синоптических карт яркости зеленой короны, каждая из которых представляет собой усреднение за 6 кэррингтоновских оборотов, позволила проследить циклические вариации пространственного распределения CGLB, выявить существование активных долгот и их эволюцию, идентифицировать перемежающиеся и антиподальные активные долготы. Эти карты были использованы для создания кинофильма, который доступен по адресу <http://helios.izmiran.rssi.ru/hellab/Badalyan/green/>; там же находятся цветные рисунки из данной статьи.

2. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ КИНОФИЛЬМА

Патрульные коронографические измерения, систематически проводившиеся небольшой сетью корональных станций, были синтезированы для получения фотометрически однородной базы данных интенсивности эмиссионной корональной линии FeXIV 530.3 нм (детали построения базы данных даны в [19, 20]; краткое описание базы данных можно найти также в [3, 21, 22]). Данные различных обсерваторий были приведены к высоте $60''$ над лимбом. Пространственное разрешение составляет $\sim 13^\circ$ солнечной долготы (одно наблюдение в день) и 5° солнечной долготы. Интенсивность

зеленой линии выражена в абсолютных корональных единицах (абсолютная корональная единица а.с.у. — это одна миллионная доля излучения центра солнечного диска в 1 \AA соседнего с линией континуума). Исходные измерения относятся к восточному и западному лимбам, окончательные данные приведены на центральный меридиан. Эти данные и были использованы для построения кинофильма всех рисунков в данной работе. База данных о CGLB охватывает период 1943–2001 и может использоваться для изучения временных изменений CGLB в отдельных широтных зонах. Эта база данных уже использовалась для анализа пространственно-временных изменений и циклических вариаций CGLB [20, 23–25].

Эволюцию распределения яркости зеленой корональной линии (CGLB) мы изучали с использованием подготовленного нами фильма. Фильм содержит 784 кадра и охватывает период с 1943 по 2001 г. (циклы 18–22 и половину цикла 23). Каждый кадр представляет синоптическую карту CGLB и является усреднением за 6 последовательных кэррингтоновских оборотов. Временное смещение одного кадра от другого составляет один оборот. Время на каждом кадре (и на рисунках данной статьи) возрастает справа налево, кэррингтоновская долгота, соответственно, увеличивается

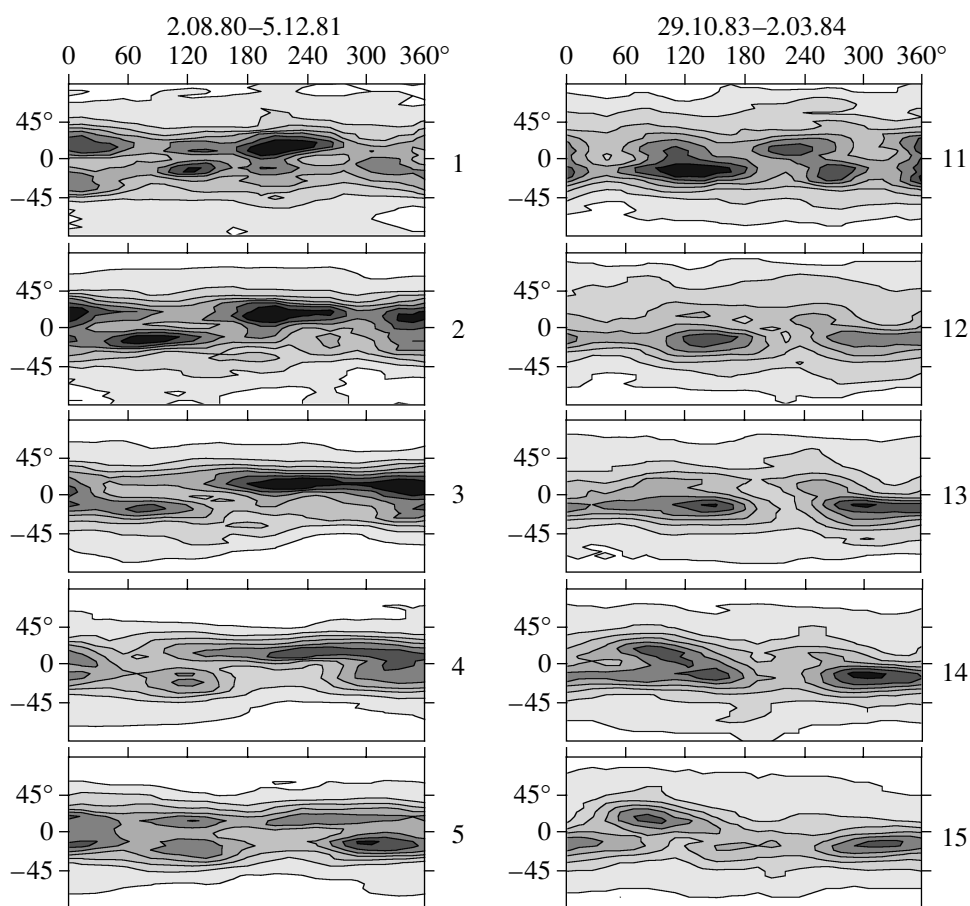


Рис. 3. Последовательность синоптических карт для нисходящей ветви цикла 21. Каждая из карт представляет собой усреднение по 6 оборотам, временной сдвиг между картами равен 3 оборотам. Числа справа от карт указывают временную последовательность. Вверху и в середине каждой из колонок указан соответствующий временной интервал. Шаг между изолиниями ΔI на последовательных картах равен 20, 20, 22.5, 22.5, 22.5, 20, 20, 17.5, 16.25, 15, 11.25, 11.25, 11.25, 10, 10, 8.75, 8.75, 7.5, 5, и 5 абсолютных корональных единиц.

слева направо. В правом нижнем углу каждого кадра указано время начала четвертого оборота из 6 усредненных на данной карте, т.е. середина рассматриваемого временного интервала. Этот момент соответствует крайней правой точке на оси абсцисс. В левой нижней части кадра находится среднегодовая кривая чисел Вольфа, на которой красная точка указывает число Вольфа, относящееся ко времени начала четвертого из 6 усредненных оборотов; этот момент времени приведен в левой нижней части кадра. Усреднение за 6 кэррингтоновских оборотов позволяет выявлять, прежде всего, долгоживущие и относительно крупномасштабные образования.

На каждом кадре яркость короны представлена в цветовой кодировке. Весь диапазон яркостей на каждом кадре был разделен на 8 градаций, при этом максимальной яркости соответствует желтый цвет, а минимальной — голубой. Под максимальной яркостью I_{\max} здесь и ниже мы понимаем яркость

максимальной изолинии, и ее значение выбиралось отдельно для каждого кадра таким образом, чтобы удовлетворить следующим условиям.

1. При перемещении от кадра к кадру можно было бы проследить последовательное относительное изменение яркости отдельных структур. Для этого мы старались подбирать последовательные максимальные яркости таким образом, чтобы они, с одной стороны, не сильно отличались друг от друга, а с другой стороны, на кадре наилучшим образом были представлены все имеющиеся особенности распределения яркости. При этом выбранные последовательные максимальные яркости должны изменяться монотонно.

2. Временное изменение максимальных яркостей на последовательных кадрах примерно следовало бы циклическому изменению яркости зеленой короны.

Характеристики каждого кадра даны в таблице, которая приведена на указанном выше веб-сайте. Здесь на рис. 1 показан временной ход

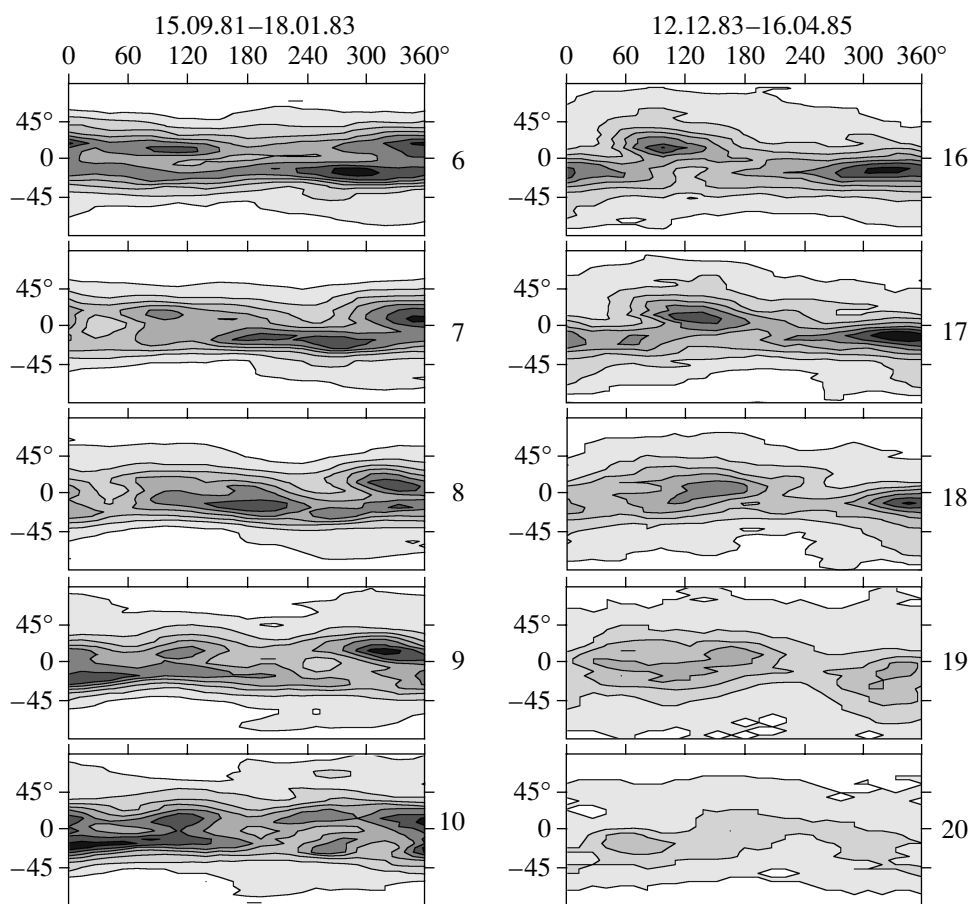


Рис. 3. Окончание

максимальной яркости на кадрах (жирная линия). Ход выбранных максимальных яркостей I_{\max} очень хорошо согласуется с циклическим изменением яркости зеленой линии I_{obs} в экваториальной области. В результате выполнения описанных выше двух условий не всегда на кадре представлены все возможные градации яркости. Это связано с тем, что реально яркость короны изменяется со временем не всегда монотонно, довольно часто наблюдаются локальные периоды уменьшения или возрастания общей яркости. Кроме того, в периоды вблизи минимумов активности для лучшего представления общего уменьшения яркости короны при просмотре кинофильма принятое для построения карты максимальное значения яркости на соответствующем кадре специально завышалось. Это привело к тому, что иногда на кадре можно видеть всего три или даже две градации (см., например, далее на рис. 2 вторую карту, где имеются 4 градации).

Отдельно следует отметить период 1954 г. Здесь для того, чтобы кадры, относящиеся к периоду, в который входят данные этого года (общее число кадров — 16), зрительно не выпадали из общего ряда кадров, потребовалось изменить нижнее зна-

чение яркости и вместо нуля использовать $I_{\min} = 4$ а.с.и. Возможно, это связано с ошибками калибровки данных тех станций, которые работали в этот период.

При дальнейшем исследовании выяснилось, что моменты характерной структурной перестройки общего распределения яркости зеленой короны становятся более отчетливо видимыми при рассмотрении достаточно длинной последовательности синоптических карт. Поэтому для удобства определения этих моментов оказалось очень полезным построить специальные планшет-карты, примерно по 15–20 кадров на каждом планшете (типа приведенного ниже на рис. 3).

3. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ ЗЕЛЕННОЙ ЛИНИИ В ЦИКЛЕ АКТИВНОСТИ

Длинный ряд синоптических карт яркости зеленой линии позволяют проследить постепенные изменения пространственного распределения CGLB в цикле солнечной активности. Были выявлены

Моменты пространственной перестройки распределения яркости зеленой корональной линии

Цикл	t_{mA}		t_{AM}		M		t_{MD}		t_{Dm}	
18	1230	1229	1244	1242	1251	1256	1276	1282	1313	1306
19	1360	1363	1376	1379	1390	1393	1424	1419	1444	1440
20	1497,	1499,	1525	1520,	1540	1540	1560	1558	1596	1598,
	1514	1519		1529						
21	1657	1656,	1677	1680	1684	1692	1698,	1715	1749	1759,
		1665					1714			
22	1791	1781,	1815	1812	1820	1818	1834	1840	1877	1875
		1804								
23	1924	1929,	1954	1955	1956	1961				
		1940								

моменты характерных структурных перестроек синоптической карты. Эти моменты были сопоставлены с опорными точками циклической кривой, определяемыми по набору индексов солнечной активности, в основном, по солнечным пятнам [26–30]. Опорные точки точнее определяют моменты фундаментальных изменений в пространственно-временной организации солнечной активности, чем просто скачок во временной производной того или иного индекса. Концепция опорных точек представляется существенной для понимания природы солнечной активности и ее прогнозирования. Упрощенно смысл опорных точек можно представить следующим образом: t_{mA} и t_{AM} — соответственно начало и конец фазы роста цикла активности, t_{MD} и t_{Dm} — соответственно начало и конец фазы спада. Кроме того, к этим точкам обычно добавляют точки m и M — моменты минимума и максимума цикла активности.

Рис. 2 иллюстрирует эволюцию распределения CGLB в течение 21 цикла активности, приведенного здесь в качестве примера. Для каждой карты на этом рисунке был выбран свой диапазон яркостей от 0 до I_{\max} , самый темный цвет соответствует максимальным значениям яркости зеленой линии, белый — минимальным. Как и для фильма, с целью наилучшим образом продемонстрировать переход от минимума цикла к максимуму, шаг ΔI между изолиниями выбирался в соответствии с циклическим ходом CGLB. Таким образом, каждая из карт имеет свою собственную шкалу яркостей. Максимальное число градаций цвета равно 8, однако на некоторых картах представлены не все цвета, например, карты 1, 2 и 6 на рис. 2 (см. выше, раздел 2). Представленные на рис. 2 карты демонстрируют характер структурной перестройки короны в моменты времени, соответствующие опорным точкам. В заголовке каждой карты указан

отрезок времени в 6 кэррингтоновских оборотов, для которых производилось усреднение. Напомним, что здесь и на следующем рисунке время увеличивается справа налево.

На примере цикла 21 можно проследить следующую эволюцию CGLB (рис. 2). В минимуме цикла зеленая линия почти на всем Солнце слаба, наблюдаются лишь отдельные изолированные области некоторого уярчения. Вблизи опорной точки t_{mA} (начало фазы роста) появляются “две реки” с отдельными более яркими “островами” в них. К моменту t_{AM} (начало фазы максимума цикла) две “реки” становятся устойчивыми и существенно более яркими. В период максимума активности две реки начинают сближаться и касаться друг друга, и к моменту t_{MD} (начало фазы спада) они сливаются в одну реку с двумя хорошо выраженными “фарватерами”. Наконец, к началу фазы минимума (опорная точка t_{Dm}) образуется одна более узкая река, которая начинает распадаться на отдельные яркие “острова”. Такая же эволюция прослеживается во всех 5 циклах активности.

На последовательных синоптических картах можно более детально проследить эволюцию пространственно-временного распределения CGLB. На рис. 3 показана эволюция крупномасштабной структуры зеленой короны для фазы спада цикла 21. Как и на рис. 2, каждая карта представляет усреднение по 6 оборотам. Временной сдвиг между последовательными картами составляет 3 оборота. Можно видеть постепенное изменения распределения CGLB и существование активных долгот в течение 1.5–3 лет. Например, на картах 1–5 наблюдается усиление активности на долготе на $\sim 210^\circ$, постепенно смещающееся к 240° . Наиболее отчетливо в этот период эта активная долгота видна в северном полушарии. На картах 6–7 уярчение на этих долготах видно

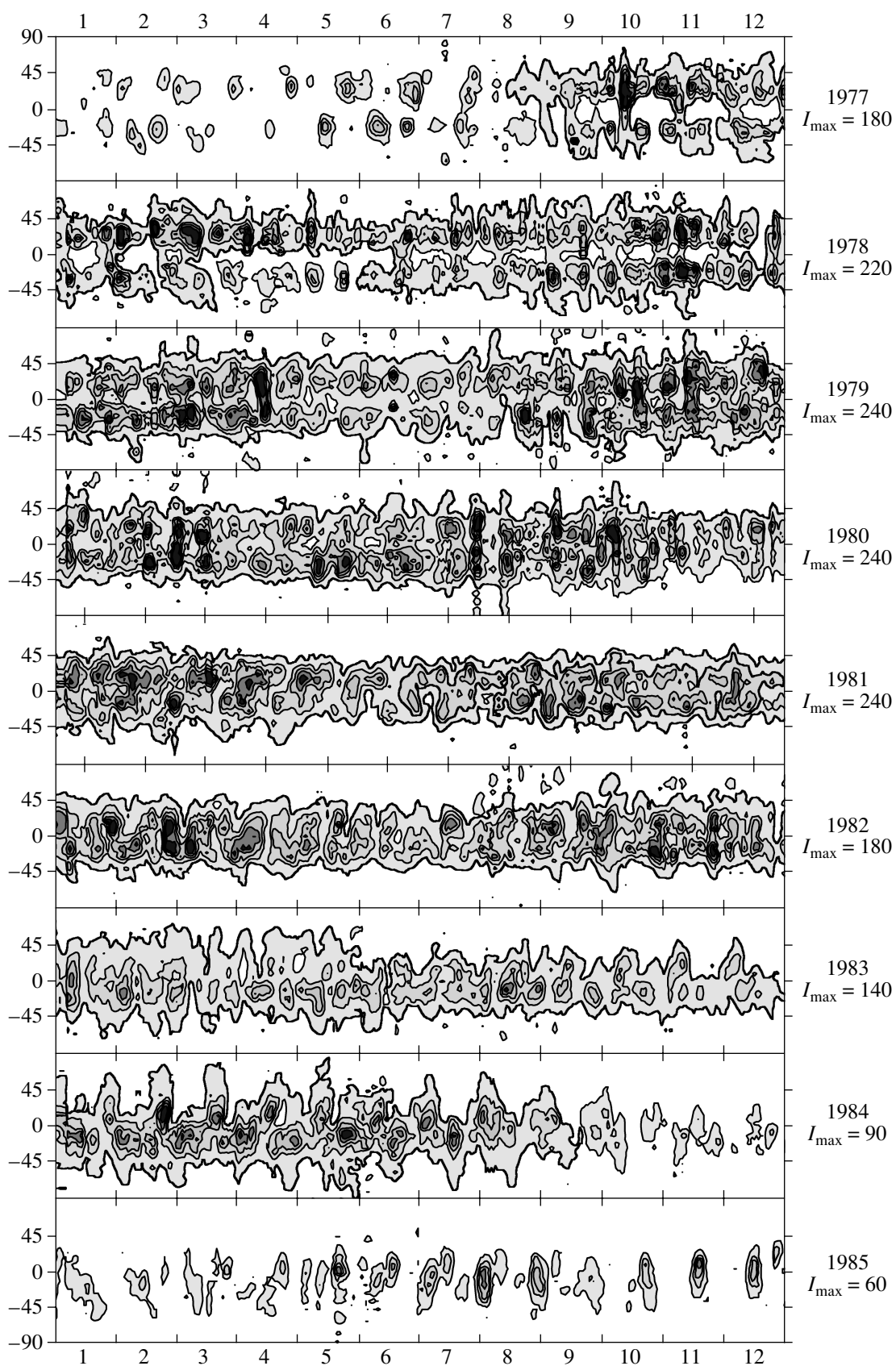


Рис. 4. Ряд годовых карт «широта–время» для цикла 21. Диапазон яркости на каждой из карт разделен на 6 уровней. Справа от карты указан год, по оси абсцисс нанесен номер месяца в данном году.

уже в южном полушарии, а затем оно постепенно исчезает. На картах 12 и далее на этих долготах можно видеть, напротив, некоторый “провал”, уменьшение яркости. Довольно часто два выраженных уярчения можно наблюдать примерно на одних и тех же долготах в северном и южном полушариях (см., например, карты 10, 11 и 14), как один комплекс активности, существующий одновременно в обоих полушариях. По мере приближения к минимуму активности отчетливо прослеживается общее уменьшение яркости зеленой линии на картах.

В таблице приведены моменты структурных перестроек пространственного распределения яркости зеленой корональной линии, найденные на основе вышеприведенного сценария циклической вариации CGLB. В первом столбце таблицы дан номер цикла активности. Под каждой опорной точкой в левом столбце указан кэррингтоновский оборот, соответствующий структурной перестройке по CGLB, в правом — оборот для опорных точек, определенных по числам Вольфа и крупномасштабным магнитным полям [30]. В ряде случаев моменты опорных точек, определенные по числам Вольфа и крупномасштабным магнитным полям явно не совпадают (в особенности, для t_{mA}), и в таких случаях в таблице приведены два значения. В двух случаях и по CGLB не удалось однозначно определить момент структурной перестройки.

Следует заметить, что когда понятие опорных точек вводилось [26], то предполагалось, что даты опорных точек, определенные по разным индексам солнечной активности, совпадают. В большинстве случаев это оказалось справедливым. Однако точное определение моментов опорных точек является довольно сложной задачей. Поэтому необходимо привлечение как можно большей информации, и использование для этого данных о солнечной короне является чрезвычайно перспективным.

На рис. 4 представлены 9 годовых синоптических карт “широта—время” для цикла 21. На этих картах также хорошо видны две “реки” и их эволюция. На восходящей ветви активности в распределении яркости отчетливо проявляются 27- и 13-дневные периоды, что приводит к возникновению двух антиподальных долгот (т.е. долгот, отстоящих на 180°), существующих практически синхронно в обоих полушариях Солнца. В течение 1982 г., в начале фазы спада, 27-дневный период отчетливо виден по внешней огибающей изолинии. В приэкваториальных широтах 13-дневный период продолжает наблюдаться. По мере приближения к 1984 г. начинает проявляться взаимное проникновение ярких областей в противоположное полушарие Солнца. Этот эффект наиболее отчетливо заметен в 1984 г. Такое явление можно назвать “перемежающимися активными долготами”.

Это означает, что активные долготы в северном и южном полушариях активизируются попеременно, что проявляется в формировании 4-секторной структуры короны (13-дневный период в яркости). Наконец, в 1985 г. наблюдается лишь 27-дневный период в экваториальной зоне. Это означает, что на Солнце в это время существует только одна активная долгота.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ циклических вариации в распределении яркости зеленой корональной линии был выполнен на основе подготовленного нами кинофильма, являющегося фактически визуализацией базы данных с 1943 по 2001 гг. Проведенный анализ пространственного распределения яркости зеленой корональной линии за 5 циклов показал следующее:

1. Существенное изменение пространственного распределения яркости зеленой корональной линии происходит за относительно небольшие временные интервалы вблизи опорных точек цикла, найденных по другим индексам солнечной активности.

2. Обнаруживается существование активных долгот яркости короны. Эти активные долготы существуют порядка 1.5–3 лет. При ослаблении одной из этих долгот часто наблюдается усиление другой активной долготы, смещенной относительно первой на 180° .

3. В периоды высокой активности существуют две активные долготы, смещенные на 180° друг относительно друга, что приводит к возникновению вариаций с периодом в 13–14 дней. В периоды более низкой активности в каждом из полушарий наблюдается только одна активная долгота, причем эти две долготы в двух полушариях смещены относительно друг друга на $1/2$ кэррингтоновского оборота.

Проведенный анализ свидетельствует о большой информативности данных о CGLB. Яркость зеленой линии является одним из немногих индексов солнечной активности, позволяющих изучать активность на всех гелиографических широтах по одному и тому же наблюдательному материалу. Разумеется, интенсивность зеленой короны является только одним из индексов, иллюстрирующих вариацию механизмов солнечной активности. Повидимому, главным из этих механизмов является магнитное поле. Наш анализ показывает, каким именно образом зеленая корона вписывается в общий сценарий циклической солнечной активности. Таким образом, длинный ряд наблюдений CGLB может быть использован для восстановления ряда магнитного поля или тестирования рядов, полученных другими косвенными методами. Эти ряды

могут быть также использованы для выявления важного с точки зрения геоэффективности элемента солнечной короны — корональных дыр — на периоды отсутствия их прямых спутниковых наблюдений.

Созданный нами кинофильм, визуализирующий пространственно-временные вариации яркости зеленой короны на длительном временном интервале, может быть использован для сопоставления CGLB с другими характеристиками солнечной активности, в частности, с магнитными полями.

Работа была поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (код проекта 02-02-16199), грантом INTAS-2000-840 и грантом VEGA 2/4013/24.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. M. Arnaud and R. Rothenflug, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* **60**, 425 (1985).
2. O. G. Badalyan, V. N. Obridko, and J. Sýkora, *Astron. and Astrophys. Trans.* (2004, in press).
3. О. Г. Бадалян, В. Н. Обридко, *Астрон. журн.* **81**, 746 (2004).
4. Ю. И. Витинский, М. Копецкий, Г. В. Ку克林, *Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца* (Наука, Москва, 1986).
5. G. A. Stewart and S. Bravo, *Adv. Space Res.* **17** (4–5), 217 (1996).
6. V. Bumba, A. Garcia, and M. Klvaňa, *Solar Phys.* **196**, 403 (2000).
7. M. Neugebauer, E. J. Smith, A. Ruzmaikin, J. Feynman, and A. H. Vaughan, *J. Geophys. Res.* **105**, 2315 (2000).
8. S. V. Berdyugina and I. G. Usoskin, *Astron. and Astrophys.* **405**, 1121 (2003).
9. E. E. Benevolenskaya, A. G. Kosovichev, and P. H. Scherrer, *Amer. Astron. Soc./Solar Physics Division Meeting No. 32, Abstract No. 02.26 (AAS/SPD, USA, 2000)*.
10. J. Xanthakis, B. Petropoulos, V. P. Tritakis, H. Mavromichalaki, and L. Marmatsuri, *Adv. Space Res.* **11** (1), 169 (1991).
11. J. Xanthakis, H. Mavromichalaki, B. Petropoulos, *et al.*, *Adv. Space Res.* **17** (4–5), 277 (1996).
12. M. Waldmeier, *Z. Astrophys.* **38**, 219 (1956).
13. M. Waldmeier, *Solar Phys.* **70**, 251 (1981).
14. R. H. Munro and G. L. Withbroe, *Astrophys. J.* **176**, 511 (1972).
15. A. S. Krieger, A. F. Timothy, and E. C. Roelof, *Solar Phys.* **29**, 505 (1973).
16. G. S. Vaiana, A. S. Krieger, and A. F. Timothy, *Solar Phys.* **32**, 81 (1973).
17. V. Letfus and J. Sýkora, *Atlas of the green corona synoptic charts for period 1947–1976* (Veda, Bratislava, 1982).
18. J. Sýkora, *Solar Phys.* **140**, 379 (1992).
19. J. Sýkora, *Bull. Astron. Inst. Czechosl.* **22**, 12 (1971).
20. J. Sýkora, *Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso* **22**, 55 (1992).
21. O. G. Badalyan, V. N. Obridko, and J. Sýkora, *Solar Phys.* **199**, 421 (2001).
22. J. Sýkora and J. Rybák, *Adv. Space Res.* (2004, in press).
23. J. Sýkora, *Solar and Interplanetary Dynamics*, eds M. Dryer and E. Tandberg-Hanssen (Reidel, Dordrecht, 1980), p. 87.
24. J. Sýkora, *Adv. Space Res.* **14** (4), 73 (1994).
25. J. Sýkora, O. G. Badalyan, and M. Storini, *Adv. Space Res.* **29**, 1975 (2002).
26. Ю. И. Витинский, Г. В. Ку克林, В. Н. Обридко, *Солнечные данные*, № 3, 53 (1986).
27. G. V. Kuklin, V. N. Obridko, and Yu. I. Vitinsky, *Solar–Terrestrial Predictions – I*, eds R. J. Thompson, D. G. Cole, P. J. Wilkinson, *et al.* (Boulder, CO, 1990), p. 474.
28. V. N. Obridko and G. V. Kuklin, in *Solar–Terrestrial Predictions – IV*, eds J. Hruska, M. A. Shea, D. F. Smart, and G. Heckman (Boulder, CO, 1994), p. 273.
29. G. V. Kuklin and V. N. Obridko, *Изв. РАН, сер. физ.* **59**, 12 (1995).
30. В. Н. Обридко, Б. Д. Шельтинг, *Астрон. журн.* **80**, 1034 (2003).

CYCLIC VARIATIONS OF SPATIAL DISTRIBUTION OF THE CORONAL GREEN LINE BRIGHTNESS

O. G. Badalyan, V. N. Obridko, and J. Sýkora

The space-time distribution and cyclic variations of brightness of the coronal green line FeXIV 530.3 nm have been analyzed over a long time interval covering more than 5 solar cycles (1943–2001). For this purpose, we have made a movie to visualize the brightness data for the line under consideration. It is found out that a significant reconstruction of spatial distribution of the coronal green line brightness (CGLB) occurs during a short time interval in the vicinity of the so-called reference points of the cycle determined by a set of various indices of solar activity. The study has revealed the existence of active longitudes in CGLB observed during 1.5–3.0 years, as well as antipodal and “intermittent” active longitudes. The movie can be used to compare CGLB with other characteristics of solar activity, in particular, with magnetic fields. The movie is available through internet on the site <http://helios.izmiran.rssi.ru/hellab/Badalyan/green/>.