

УДК 519.8:519.2:523.9:520.2

В. П. Власенко<sup>2</sup>, Ю. А. Селиванов<sup>1</sup>, А. Ф. Сорокин<sup>2</sup>, А. М. Цюх<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут космічних досліджень Національної академії наук України та Національного космічного агентства України, Київ

<sup>2</sup>Центр приймання наукової інформації Національного центру керування та випробувань космічних засобів Національного космічного агентства України, Євпаторія

**Синхронные наблюдения радиоизлучения Солнца на разных длинах волн**

---

Обговорюються методики і результати пробних спостережень Сонця в радіодіапазоні за допомогою засобів Національного центру керування й випробувань космічних засобів НКАУ, синхронізовані з оптичними спостереженнями. Побудовано розподіли щільності джерел радіовипромінювання, погоджені з даними оптичних вимірювань. Формулюються задачі подальшого розвитку методик спостережень і обробки даних.

---

**ВВЕДЕНИЕ**

Решение фундаментальной проблемы изучения солнечно-земных связей требует построения адекватных физических моделей как отдельных гелио-процессов, так и их взаимосвязей. Наиболее актуальным в этом смысле является исследование каналов энергомассопереноса на трассе Солнце — Земля. В первую очередь необходимо выявить связь процессов на поверхности Солнца с параметрами плазмы короны, околосолнечного и межпланетного пространства, магнитосферы Земли. Так как оптическое излучение корональных дыр практически недоступно для изучения на расстояниях более  $0.1R_{\odot}$ , где  $R_{\odot}$  — радиус Солнца, основным объектом наблюдения здесь служит излучение плазмы короны и солнечного ветра в радиодиапазоне. Необходимо последовательное слежение за прохождением корональных дыр и выбросов из них по диску Солнца и далее в межпланетном пространстве на траекториях, направленных на Землю или проецирующихся на ее орбиту. Соответственно, необходимо выявить высотную стратификацию параметров плазмы и магнитного поля в районе корональной дыры и дальнейшую эволюцию плазмы, выходящей из нее.

Малые времена развития солнечных образований, стохастичность их появления, большие скорос-

ти движения плазмы солнечного ветра, сложность интерпретации радиоизображений вызывают необходимость долговременных синхронных наблюдений в оптическом и радиодиапазонах. Подобные синхронные наблюдения поверхности Солнца показали их высокую эффективность для понимания физики процессов, происходящих на Солнце [3]. С другой стороны, учет этих же факторов приводит к использованию новых эффективных математических алгоритмов в обработке полученных данных. В настоящее время становится все более ясно, что именно комплексные исследования, сочетающие данные измерений в различных диапазонах с представленными в компьютерном виде моделями явлений, определяют важное направление дальнейшего продвижения в этой области исследований. При этом построение полной картины солнечно-земных связей предполагает включение в анализ данных спутниковых измерений (вариации магнитных и электрических полей, потоки частиц и их спектры), экспериментальных исследований ионосферы и замыкается анализом геопроявлений.

В данной работе обсуждаются методики и результаты пробных синхронных наблюдений в оптическом и радиодиапазоне (соответствующие электронные плотности отсечки —  $10^{11}$ ,  $4 \cdot 10^9$ ,  $10^8$  см<sup>3</sup>), на основании чего формулируются задачи для дальнейших работ. Построены распределения плотности

источников радиоизлучения до расстояний порядка  $R_{\odot}$ , согласованные с данными оптических измерений.

Осуществление подобных наблюдений в постоянном режиме позволит построить временную картину развития активных областей на Солнце и распространение выбросов из них на траекториях, направленных на Землю или проецирующихся на ее орбиту.

#### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПРОВЕДЕНИЯ СИНХРОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ СОЛНЦА НА РАЗНЫХ ДЛИНАХ ВОЛН

Основной механизм радиоизлучения спокойного Солнца — тормозное излучение полностью ионизованного газа солнечной короны и хромосферы.

Излучение фотосферы в радиодиапазоне недоступно для наблюдений из-за сильного поглощения в хромосфере, за исключением субмиллиметровой области ( $\lambda \sim 100$  мкм), где хромосфера становится прозрачной. Граница между хромосферой и короной находится на расстоянии  $r = 1.04R_{\odot}$  от центра Солнца, что соответствует высоте 28000 км над поверхностью фотосферы. На метровых и более длинных волнах наблюдается только радиоизлучение короны, а на дециметровых и более коротких появляется вклад хромосферы. По этой причине угловой размер источника радиоизлучения, связанного с Солнцем, на метровых и дециметровых волнах значительно больше видимого диска.

Температура короны  $T_{\text{кор}}$  в среднем порядка нескольких миллионов градусов. В хромосфере наблюдается сильный градиент температуры: от 7000 К до 20000 К, в среднем —  $10^4$  К. Радиоизлучение короны в простейшем варианте можно представить двухслойной моделью. В этой модели яркостная температура в направлении центра видимого диска Солнца складывается из ослабленного коронального излучения хромосферы с температурой  $T_{\text{хр}}$  (оно рассматривается как фоновое излучение) и из излучения короны с учетом самопоглощения:

$$T_b = T_{\text{хр}} \exp(-\tau_{\text{кор}}) + T_{\text{кор}} [1 - \exp(-\tau_{\text{кор}})]. \quad (1)$$

Оптическая глубина короны  $\tau_{\text{кор}}$  в направлении на центр солнечного диска определяется интегралом

$$\tau_{\text{кор}} = \int_{1.04R_{\odot}}^{\infty} N_e^2 dr. \quad (2)$$

Распределение электронной концентрации по высоте в короне можно представить формулой

$$N(r) = 10^8(1.5r^{-6} + 3r^{-16}), \text{ см}^{-3}, \quad (3)$$

где  $r$  выражено в радиусах Солнца. Эта формула связывает шкалу высот в солнечной короне с нелинейной шкалой электронных концентраций.

На волнах, где корона практически прозрачна ( $\tau_{\text{кор}} < 1$ ), наблюдается усиление яркости к краю, что объясняется неизотермичностью короны. На длинах волн свыше 1.2 м, где оптическая глубина короны больше единицы, все радиоизлучение уже определяется только короной. Отсутствие заметного вклада от более холодной хромосферы приводит к тому, что нет усиления яркости к краю. Радиоизотопы короны имеют несколько эллиптическую форму, что является следствием несферичности короны.

Для каждой частоты есть критическое значение электронной концентрации  $N_{\text{кр}}$ , при котором коэффициент преломления корональной плазмы равен нулю. Значение  $N_{\text{кр}}$  соответствует некоторому уровню в короне, определяемому зависимостью (3). Этот уровень является как бы зеркалом для радиоволн, из-под него радиоизлучение выйти к наблюдателю не может. С другой стороны, в короне есть уровень, до которого на луче зрения наблюдателя оптическая глубина короны по тормозному поглощению (2) равна единице, согласно (3) ему соответствует некоторое значение электронной концентрации  $N_{\tau=1}$ . При преобладании тормозного механизма основная часть излучения поступает именно из области вблизи уровня с  $N = N_{\tau=1}$ .

Для излучения с длиной волны короче 50 см уровень  $N_{\tau=1}$  расположен в короне выше, чем уровень  $N_{\text{кр}}$ , и все радиоизлучение короны определяется только свободно-свободными переходами [2]. Однако на длине волны  $\lambda > 50$  см ситуация обратная, уровень  $N_{\text{кр}}$  («плазменное зеркало») расположен выше, чем уровень  $N_{\tau=1}$ . Это приводит к сдвигу вверх нижнего предела интегрирования в (2). Оптическая глубина обрезается, что приводит к уменьшению яркостной температуры. Еще одна причина снижения  $T_b$  — уровень  $N_{\text{кр}}$  отсекает от наблюдателя внутренние, более горячие слои короны, и наблюдаемое излучение идет из внешних слоев короны, где температура ниже и плотность плазмы меньше. Таким образом, электромагнитное излучение выходит из слоев плазмы с плотностью, соответствующей частоте отсечки:

$$f > f_{\text{пл}} = 0.989 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{n_{\text{кр}}}, \quad (4)$$

где  $f$ , Гц — частота излучения,  $f_{\text{пл}}$  — критическая частота плазменного слоя,  $n_{\text{кр}}$ ,  $\text{см}^{-3}$  — концентрация электронов в плазменном слое, что позволяет

стратифицировать измерения по высоте в разных диапазонах по электронной плотности [2]. Для координатной привязки этих данных необходимо разработать или выбрать модель распределения плазмы в изучаемой области пространства. Теоретическая модель плазменных образований необходима и для понимания механизма магнитотормозного излучения, и составления карты магнитных полей по поляризационным измерениям. Существенным при этом может оказаться характер спектра низкочастотных колебаний регистрируемого излучения.

В течение цикла солнечной активности наблюдается изменение полного потока радиоизлучения примерно в два раза. Переменная составляющая обязана своим происхождением корональным конденсациям — уплотнениям над большими группами солнечных пятен, которые удерживаются петлями сильного магнитного поля. Электронная плотность внутри конденсации превышает  $10^9 \text{ см}^{-3}$ , в то время как плотность окружающей плазмы порядка  $10^8 \text{ см}^{-3}$ . Конденсация оптически толста по тормозному излучению на длинах волн  $\lambda \geq 10 \text{ см}$  и может наблюдаться как яркое пятно на фоне окружающего излучения невозмущенной короны. На более длинных волнах влияние конденсации слабее из-за увеличения поглощения верхними слоями короны с ростом  $\lambda$ . Конденсации, расположенные вблизи лимба Солнца, приводят к искажению формы радиоизображения Солнца.

#### ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИЗМЕРЕНИЮ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЦА

Для построения пространственного распределения плазмы и выбросов из активных областей на Солнце синхронные измерения радиоизлучения Солнца производилось в нескольких диапазонах длин волн. Для этого были задействованы один из крупнейших в мире полноповоротный радиотелескоп РТ-70 с диаметром главного зеркала 70 м и антенная система АДУ-1000 (полноповоротная антенная решетка из 8 зеркал  $64 \times 28 \text{ м}$ ). Использование таких больших антенн позволило получить высокое пространственное разрешение, что необходимо для наблюдения мелкомасштабных структур в короне Солнца. Эксперимент по исследованию радиоизлучения Солнца проводился 20 мая 2003 года на двух длинах волн,  $\lambda = 6$  и  $32 \text{ см}$  (РТ-70 и АДУ-1000 соответственно). Ширина диаграммы направленности составляет  $2.6'$  для РТ-70 и  $16' \times 40'$  для АДУ-1000.

Измерение радиоизлучения Солнца проводилось

путем сканирования диаграммы направленности антенны по площадке  $2^\circ \times 2^\circ$  (РТ-70) и  $8^\circ \times 8^\circ$  (АДУ-1000) на фоне программного сопровождения объекта исследования. Затем осуществлялась координатная привязка данных измерений, и учитывались поправки, связанные с вращением Земли. Высокая чувствительность и узкая диаграмма направленности радиотелескопа РТ-70 позволяет в первом приближении строить радиоизображение Солнца путем интерполяции данных измерений (рис. 2, а).

На АДУ-1000 ширина диаграммы направленности сравнима с размером Солнца, поэтому для получения его радиоизображения необходимо его восстановить, например, решением некорректной задачи с введением функционала А. Н. Тихонова [4]. В связи с этим разработана методика визуализации изображений, позволяющая существенно улучшить разрешающую способность радиоприемного устройства. Для этого используется трехканальная приемная система, диаграммы направленности каналов которой расположены в пространстве, как показано на рис. 1.

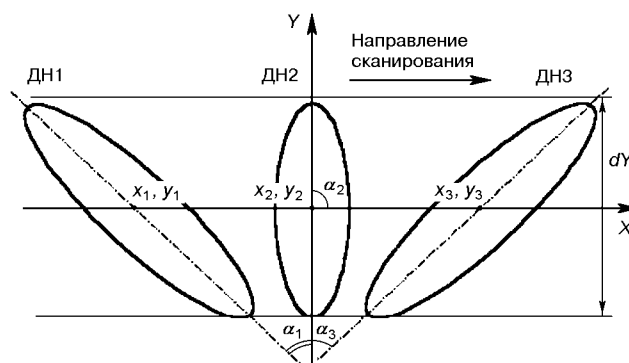


Рис. 1. Диаграммы направленности каналов трехканальной приемной системы

Основные требования к расположению ДН в картинной плоскости следующие:

1.  $X_1 = var1, X_2 = var2, X_3 = var3,$
2.  $Y_1 = Y_2 = Y_3 = const,$
3.  $\alpha_1 = \alpha_3 = 45^\circ, \alpha_2 = 90^\circ.$

4. Координаты крайних точек ДН по оси ординат должны быть равны между собой.

Сигналы, принимаемые данными ДН, при сканировании опишутся следующими уравнениями:

$$\begin{aligned}
f_1(\tau) &= \int_{(x)(y)} \int K_1(\tau - x, y) \cdot U(x, y) dy dx, \\
f_2(\tau) &= \int_{(x)(y)} \int K_2(\tau - x, y) \cdot U(x, y) dy dx, \\
f_3(\tau) &= \int_{(x)(y)} \int K_3(\tau - x, y) \cdot U(x, y) dy dx,
\end{aligned} \quad (5)$$

где:  $U(x, y)$  — функция, описывающая распределение концентрации радиоисточников в картинной плоскости;  $K_1(\tau - x, y)$ ,  $K_2(\tau - x, y)$ ,  $K_3(\tau - x, y)$  — функции, описывающие ДН;  $f_1(\tau)$ ,  $f_2(\tau)$ ,  $f_3(\tau)$  — сигналы на выходе трех каналов.

Будем искать решение системы уравнений (1) в виде

$$U(x, y) = \sum_i \sum_j u_{i,j} \cdot g_{i,j}(x, y), \quad (6)$$

где  $g_{i,j}(x, y)$  — некоторая полная на области  $X \times Y$  система функций. Подстановка (6) в (5) дает

$$\begin{aligned}
f_1(\tau) &= \sum_i \sum_j u_{i,j} \cdot h_{1,i,j}(\tau), \\
f_2(\tau) &= \sum_i \sum_j u_{i,j} \cdot h_{2,i,j}(\tau), \\
f_3(\tau) &= \sum_i \sum_j u_{i,j} \cdot h_{3,i,j}(\tau),
\end{aligned} \quad (7)$$

где обозначено

$$\begin{aligned}
h_{1,i,j}(\tau) &= \int_{(x)(y)} \int K_1(\tau - x, y) \cdot g_{i,j}(x, y) dy dx, \\
h_{2,i,j}(\tau) &= \int_{(x)(y)} \int K_2(\tau - x, y) \cdot g_{i,j}(x, y) dy dx, \\
h_{3,i,j}(\tau) &= \int_{(x)(y)} \int K_3(\tau - x, y) \cdot g_{i,j}(x, y) dy dx.
\end{aligned} \quad (8)$$

Таким образом, для решения задачи визуализации надо найти коэффициенты  $u_{i,j}$  разложения (7).

Для этого из (8) формируется система линейно-независимых функций вида

$$\psi_{i,j}(\tau, n) = \begin{cases} h_{1,i,j}(\tau), & \text{если } n = 1, \\ h_{2,i,j}(\tau), & \text{если } n = 2, \\ h_{3,i,j}(\tau), & \text{если } n = 3, \end{cases} \quad (9)$$

из которых с помощью процесса ортогонализации

$$\chi_l(\tau, n) = \frac{v_l(\tau, n)}{|v_l(\tau, n)|}, \quad (10)$$

где

$$\begin{aligned}
v_l(\tau, n) &= \psi_{i,j}(\tau, n), \\
v_{l+1}(\tau, n) &= \psi_{i+1}(\tau, n) - \sum_{k=1}^l (\chi_k, \psi_{i+1}) \cdot \chi_k(\tau, n), \\
l &= 1, 2, \dots, i \cdot j,
\end{aligned} \quad (11)$$

получаем систему ортогональных функций  $\chi_l$ . Далее по форме принятых сигналов  $f_1(\tau)$ ,  $f_2(\tau)$ ,  $f_3(\tau)$  формируется функция

$$F(\tau, n) = \begin{cases} f_1(\tau), & \text{если } n = 1, \\ f_2(\tau), & \text{если } n = 2, \\ f_3(\tau), & \text{если } n = 3. \end{cases} \quad (12)$$

Функция  $F(\tau, n)$  разлагается по системе  $\chi_l$ , вычисляемых по (10). Затем функции  $\chi_l(\tau, n)$  заменяются через  $\psi_s(\tau, n)$  ( $s = 1, 2, \dots, l$ ) с соответствующими коэффициентами, вычисляемыми из (11). Найденные коэффициенты в соответствии с (12) и (7) позволяют записать искомую функцию распределения радиоисточников (6) в явном виде.

По данному алгоритму был составлен программный пакет в среде MatLab, реализующий работу данной методики. Результаты обработки данных измерений на АДУ-1000 с разрешением  $2'$  (задано при обработке) представлены на рис. 2, б.

Анализ изображений (рис. 2, а и б), полученных в ходе проведения синхронных наблюдений Солнца, показал:

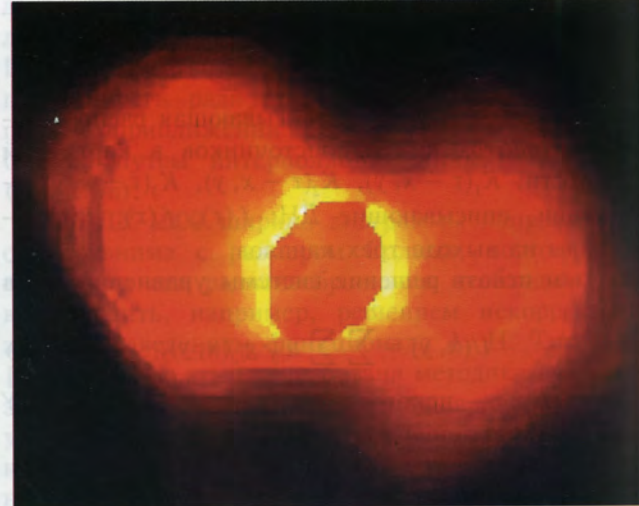
- данные изображения соответствуют излучению плазмы, расположенной на границе между хромосферой и короной;
- для длины волны  $\lambda = 6$  см высота излучающего слоя достигает  $0.9R_{\odot}$ , концентрация плазмы  $n_{кр} = 2.3 \cdot 10^{11}$ ; для  $\lambda = 32$  см —  $0.95R_{\odot}$ ,  $n_{кр} = 8.9 \cdot 10^9$ . Разные высоты излучающего слоя позволяют стратифицировать измерения по электронной плотности;
- радиоизлучение за пределами видимого диска Солнца показывает наличие активных областей на лимбе Солнца. Данный вывод подтверждают изображения Солнца, полученные в тот же день на радиогелиографе Нобеяма (Япония), длина волны  $\lambda = 8$  мм (рис. 2, в), и снимки с космического аппарата SOHO (США) (рис. 2, г), где также видно активные области на лимбе Солнца, над которыми образованы корональные конденсации.

#### МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ

Анализ успешных результатов применения описанной выше методики эксперимента стимулировал совершенствование алгоритмов обработки радиоизображений Солнца. Актуальность этой задачи возрастает также в связи с тем, что в дальнейшем предполагаются эксперименты по радионаблюдениям плазменных выбросов из Солнца при их движении по направлению к Земле. В этом сложном

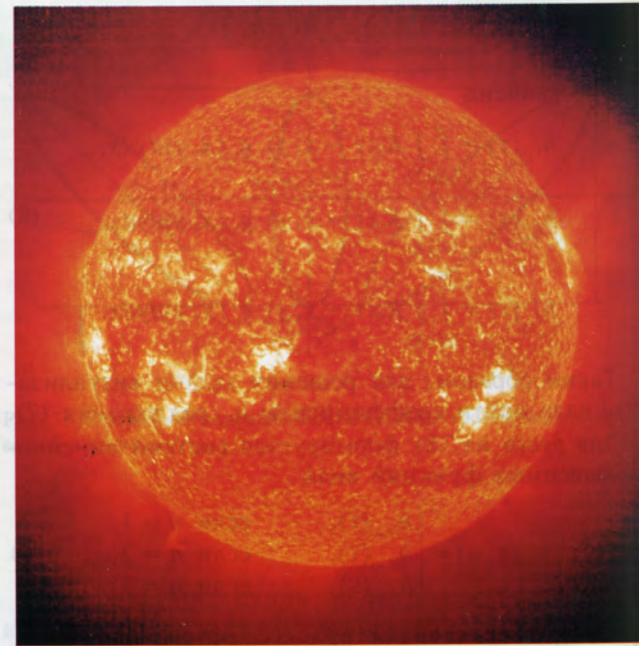
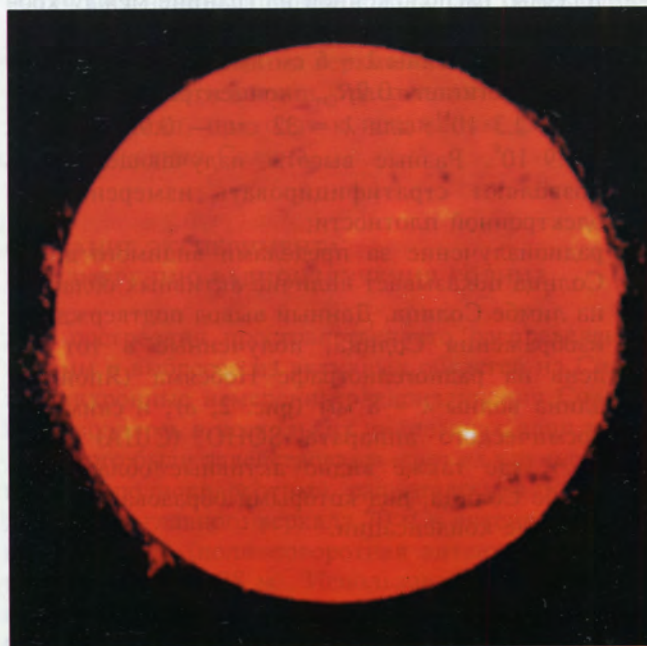
разработаны системы автоматизированной обработки данных по азимутальной плоскости. Для координатной привязки этих данных необходимо разработать или выбрать модель распределения

путем сканирования антенной по площадке  $2 \times 2$  и  $4 \times 4$  (АДУ-1000) на фоне программного сопровождения



длинами волн  $\lambda = 6$  см (РТ-70, Евпатория),  $\lambda = 32$  см (АДУ - 1000, Евпатория) и  $\lambda = 8$  мм (радиогелиограф Нобейма, Япония). Космический аппарат SOHO (США)

ности каналов которой расположены в пространстве  $(R, \varphi)$  как показано на рис. 2



длинами волн  $\lambda = 6$  см (РТ-70, Евпатория),  $\lambda = 32$  см (АДУ - 1000, Евпатория) и  $\lambda = 8$  мм (радиогелиограф Нобейма, Япония). Космический аппарат SOHO (США)

ности каналов которой расположены в пространстве  $(R, \varphi)$  как показано на рис. 2

Рис. 2. Радиоиобржения Солнца: а - на длине волн 6 см (РТ-70, Евпатория), б - на длине волн 32 см (АДУ - 1000, Евпатория), в - на длине волн 8 мм (радиогелиограф Нобейма, Япония); г - снимок Солнца с космического аппарата SOHO (США)

случае излучение плазмоида будет изучаться в фоновом излучении Солнца. Как в рассмотренном выше, так и в последнем случае требуется возможно более полный учет всей доступной информации.

Рассмотрим задачу восстановления изображения  $I(x)$  по размытым, зашумленным данным  $D(x)$  и аппаратной функции  $H(x)$ :

$$D(x) = (H * I)(x) = \int_{S_y} S_y H(y - x) I(y) + N(x), \quad (13)$$

где  $N(x)$  — шум, и интегрирование выполнено по площади в пространстве изображения.

Если функция  $H(x)$ , ядро интегрального уравнения (1), определяется экспериментально, то следует полагать ее случайной. Тогда, если известны

$$H_0 = EH, \quad J = E(H - H_0) \Sigma_1 (H - H_0)^*, \quad (14)$$

где  $\Sigma_1 \bullet = E I(\bullet, I)$ ,  $I_0 = EI$ ,  $EN = 0$ ,  $E$  — оператор математического ожидания,  $\Sigma_1$  — корреляционный оператор, то задача (1) сводится к стандартной задаче с неслучайным оператором  $H(x)$  и увеличенным шумом  $N$ , причем

$$H = H_0, \quad \tilde{N} = (H - H_0)I + N. \quad (15)$$

Для решения этой задачи на основе теории информации [6] создают модель изображения минимальной алгоритмической сложности: вводятся функция  $\varphi(y)$  — псевдоизображение и  $K(x)$  — радиально-симметричная выпуклая сглаживающая функция с конечным носителем, такие что

$$I(x) = \int_{V_y} V_y K\left(\frac{\|x - y\|}{\delta(x)}\right) \varphi(y), \quad (16)$$

где  $\delta(x)$  — длина шкалы, которая измеряет локальную гладкость изображения, и интегрирование — по площади в пространстве псевдоизображения.

Функция  $\varphi(y)$  находится как доставляющая минимум выражению

$$\begin{aligned} \chi^2 &= \sum_i w_i (D_i - (H \otimes I)_i) = \\ &= \sum_i w_i \left( D_i - \sum_j H_{j-i} \sum_k K_{k-j}(x_j) \varphi_k \right)^2 \end{aligned} \quad (17)$$

при дополнительном условии, что носитель сглаживающего ядра  $K(x)$  имеет максимально возможные для данной точки  $x$  размеры. После этого из (16) находим неискаженное изображение  $I(x)$ .

Преимущества метода:

- дает максимально гладкое, в пределах заданной точности, приближение к исходным данным, то есть работает как метод максимума энтропии в

пределах каждой области, определяемой носителем ядра  $K$ ;

- эффективно устраняет ложные источники, возникающие на фоне слабого сигнала за счет некорректности задачи восстановления;
- позволяет учитывать априорную информацию о процессе измерений.

Описанный метод относится к лучшим в настоящее время методам обработки изображений. Однако анализ показал, что он может быть еще улучшен, в частности ускорен, за счет применения аппарата вейвлетов второго поколения [5, 7]. Работа над этим ведется нами в настоящее время.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенные эксперименты показали возможность проведения постоянного синхронного мониторинга солнечной активности в радиодиапазоне.

2. Приведенная методика обработки изображений позволяет получить достаточную разрешающую способность антенных средств РТ-70 и АДУ-1000 в сантиметровом и дециметровом диапазонах длин волн для анализа тонких структур в короне и на поверхности Солнца.

3. Полученные данные показали возможность исследования не только медленно изменяющегося компонента солнечного излучения, но и исследования короткопериодических структур на Солнце в динамике.

4. Наблюдения показали, что излучение возникает в корональных конденсациях, расположенных на высоте вплоть до  $10^5$  км выше активных факельных областей. В излучении преобладает медленно изменяющийся компонент, тесно связанный с областями солнечных пятен. Корреляция имеет место даже там, где солнечные пятна не видны в данный момент времени (например, возле лимба Солнца).

5. Построение радиоизображений Солнца на разных длинах волн позволяет исследовать разные уровни короны. Увеличение диапазона длин волн расширит возможности стратификации короны по электронной плотности.

1. Крюгер А. Солнечная радиоастрономия и радиофизика. — М.: Мир, 1984.—469 с.
2. Степанян Н. Н., Цветков Л. И., Маслов В. И. и др. Многодиапазонный синхронный мониторинг солнечной активности // Вторая Укр. конф. по перспективным космическим исследованиям: Сб. тез. — Киев, 2002.—С. 76.
3. Степанян Н. Н., Цветков Л. И., Сорокин А. Ф. и др. Проект. Корональные дыры и их проявления в геосфере // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—2002.—98.—С. 230.

4. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. Учебное пособие для вузов: Изд. 3-е, исправленное. — М.: Наука, 1986.—288 с.
5. Тюпанский В. Г., Янчук А. В., Селиванов Ю. А. Нелинейные вейвлетные методы в системе НОРДИС-ВАРИАНТ // Вторая Укр. конф. по перспективным космическим исследованиям: Сб. тез. — Киев, 2002.—С. 72.
6. Puetter R. C. Pixon-based multiresolution image reconstruction and the quantification of picture information content // Int. J. Image Syst. and Tech.—1995.—6.—P. 314—331.
7. Sweldens W. The lifting scheme: a custom-design construction of biorthogonal wavelets // J. Appl. Comp. Harm. Anal.—1996.—3, N 2.—P. 186—200.

#### **SIMULTANEOUS OBSERVATIONS OF THE SOLAR RADIATION AT DIFFERENT RADIO FREQUENCIES**

**V. P. Vlasenko, Yu. A. Selivanov, A. F. Sorokin,  
and A. M. Tsyukh**

We discuss some techniques and results of trial observations of the solar radiation at different radio frequencies with installations of the National Space Facilities Control and Test Center. The observations are synchronized with optical ones. Density distributions of radio emission sources coordinated with data of optical measurements are constructed. Some ways of further development of observational techniques and data processing are considered.