

## РАДИОАСТРОНОМИЯ И АСТРОФИЗИКА

УДК 523.62:550.386.6

М. Р. ОЛЬЯК

Радиоастрономический институт НАН Украины,  
ул. Краснознаменная, 4, г. Харьков, 61002, Украина  
E-mail: marinaolyak@gmail.com

### БЫСТРЫЙ СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР И ГЕОМАГНИТНАЯ АКТИВНОСТЬ

*Статья посвящена анализу влияния увеличения скорости солнечного ветра на возникновение геомагнитных возмущений. Значения скорости солнечного ветра, определенные из наблюдений мерцаний на радиотелескопах УТР-2 и УРАН-2 в 2003–2011 гг., анализируются совместно с параметрами солнечного ветра на уровне орбиты Земли и геомагнитными индексами  $A_p$ . Повышение скорости солнечного ветра в периоды наблюдений было связано преимущественно с высокоскоростными потоками из корональных дыр. В феврале 2011 г. в период наблюдений имела место солнечная вспышка X-класса, сопровождавшаяся корональным выбросом массы. Установлено, что в рассматриваемые периоды времени геомагнитные возмущения возникали при отрицательных среднесуточных значениях перпендикулярной к плоскости эклиптики компоненты межпланетного магнитного поля. Обнаружено, что увеличение скорости солнечного ветра, которое наблюдалось на УТР-2 и УРАН-2 в широком диапазоне гелиоширот, сопровождалось увеличением геомагнитного индекса  $A_p$  и возникновением геомагнитного возмущения. В то же время увеличение скорости солнечного ветра в узкой полосе гелиоширот вблизи плоскости эклиптики не сопровождалось геомагнитными возмущениями.*

*Ключевые слова:* межпланетные мерцания, скорость солнечного ветра, геомагнитный индекс  $A_p$

#### 1. Введение

Трудно переоценить влияние солнечной активности на процессы в околоземном пространстве и на Земле. Хорошо известна корреляция между изменениями магнитного поля Земли и количеством солнечных пятен, которое отражает солнечную активность [1, 2]. Не менее важно оценить влияние на развитие геомагнитных возмущений процессов в межпланетной среде.

В течение последних десятилетий исследование влияния возмущений межпланетной плазмы на геомагнитную активность проводилось в двух глобальных направлениях. Первое – изучение связи между геомагнитной активностью и параметрами межпланетной среды, которые измеряются космическими аппаратами на уровне орбиты Земли. К этому направлению относится анализ данных межпланетного магнитного поля, скорости солнечного ветра и плотности межпланетной плазмы [3–5]. Значительная часть этих исследований посвящена изучению связи скорости солнечного ветра с изменениями планетарных геомагнитных индексов  $K_p$ ,  $A_p$  и  $D_{st}$  [6, 7].

Авторами этих работ были получены достаточно высокие значения коэффициента корреляции долговременных изменений скорости и индекса  $A_p$ ,  $r_{v,A_p} = 0.75$  [6] и  $r_{v,A_p} = 0.71$  [7]. В то же время при рассмотрении корреляции между среднесуточной скоростью солнечного ветра и индексом  $A_p$  в период повышенной солнечной активности в 2003 г. авторы [6] получили достаточно низкий коэффициент корреляции,  $r_{v,A_p} = 0.41$ . Наиболее низкий коэффициент корреляции между скоростью солнечного ветра и индексом  $A_p$ ,  $r_{v,A_p} = 0.37$ , был отмечен для высокоскоростных потоков из корональных дыр.

Другое важное направление исследований – сопоставление данных радиоастрономических наблюдений с геомагнитными индексами. Чаще всего в этом случае рассматривается связь между изменением индексов геомагнитной активности и индексом межпланетных мерцаний при углах элонгации  $\varphi < 90^\circ$  [8–10]. Авторами [8] отмечен достаточно высокий уровень корреляции между геомагнитным индексом  $A_p$  и индексом межпланетных мерцаний, усредненным по всем просвечивающим данную область неба радиоисточникам. В годы минимума солнечной активно-

сти коэффициент корреляции достигал значений  $0.7 \div 0.8$ . По данным авторов [9], проанализировавших 30 случаев корональных выбросов массы, коэффициент корреляции между индексом межпланетных мерцаний и индексом  $D_{st}$  также оказался достаточно высоким и составил 0.85. Более подробный анализ связи изменений индекса межпланетных мерцаний с геомагнитной активностью был проведен в работе [10]. Авторы проанализировали данные 1235 карт распределения индексов межпланетных мерцаний, построенных с помощью Кембриджского радиотелескопа. Максимальный коэффициент корреляции между индексом  $A_p$  и индексом межпланетных мерцаний составил 0.45. Авторы [10] пришли к выводу, что данные наблюдений индексов межпланетных мерцаний не всегда являются надежным показателем геомагнитной активности. Связь между параметрами солнечного ветра, наблюдаемыми радиоастрономическими методами, и геомагнитной активностью является более сложной и нуждается в дальнейшем изучении.

Использование декаметрового диапазона длин волн позволяет исследовать не только внутреннее, но и внешние области межпланетной среды при углах элонгации  $\varphi \geq 90^\circ$ , где протяженность рассеивающего слоя может составлять несколько астрономических единиц и охватывать области быстрого и медленного солнечного ветра [11]. Это позволяет исследовать характерные черты потоков солнечного ветра, при прохождении которых в окрестности Земли имели место геомагнитные бури. Целью настоящей работы явилось изучение возмущений скорости солнечного ветра и их влияния на возникновение умеренных геомагнитных бурь при значениях геомагнитных индексов  $A_p \leq 50 \div 60$ .

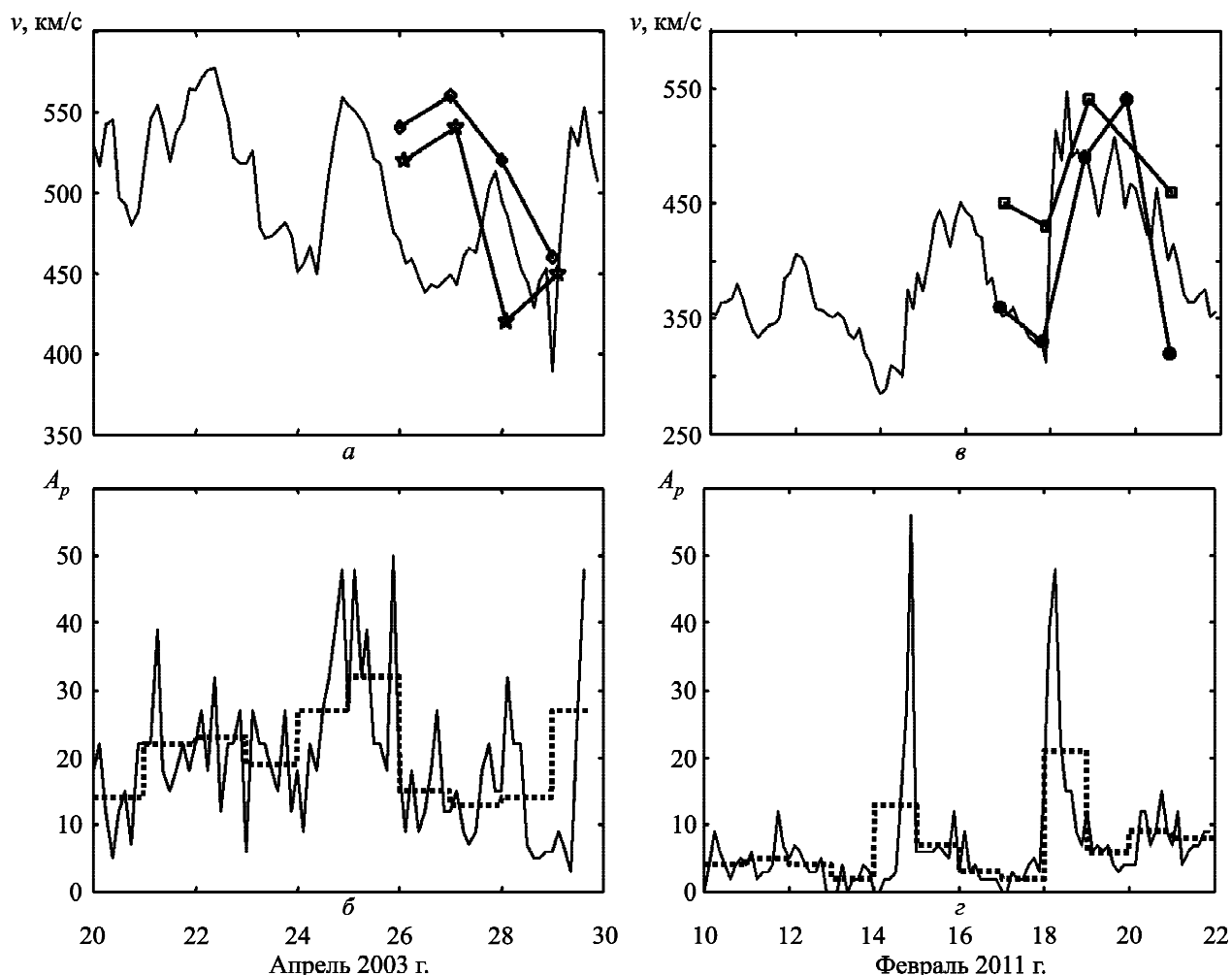
## 2. Анализ скорости солнечного ветра с использованием наблюдений на УТР-2, УРАН-2 и данных космического аппарата “СОХО”

В ходе исследования были проанализированы значения скорости солнечного ветра, определенные из наблюдений межпланетных мерцаний удаленных космических радиоисточников на радиотелескопах УТР-2 и УРАН-2. Наблюдения проводились в 2003–2005 гг., ноябре 2007 г., декабре 2008 г. и феврале 2011 г. на частоте  $f_0 = 25$  МГц при уг-

лах элонгации  $\varphi = 82.5^\circ \div 175.4^\circ$  [11–14]. Радиоисточники наблюдались в ночное время вблизи верхней кульминации на гелиоширотах от  $-3.5^\circ$  до  $71.8^\circ$ . В 2003–2005 гг. и в 2007 г. наблюдения проводились на радиотелескопе УТР-2, в 2008 г. и 2011 г. наблюдения проводились синхронно на радиотелескопах УТР-2 и УРАН-2. По результатам наблюдений были построены временные спектры мерцаний и пространственно-временные кросс-спектры мерцаний. Последние были использованы для построения дисперсионной зависимости дрейфовой скорости от частоты мерцаний (см., например, [15]). Определение скорости солнечного ветра из наблюдений межпланетных мерцаний было проведено путем сопоставления экспериментальных спектров и дисперсионных зависимостей дрейфовой скорости с расчетными дисперсионными зависимостями. Для сопоставления с экспериментальными спектрами мерцаний были использованы односкоростная и двухпотоковая модели солнечного ветра, для сопоставления с экспериментальными дисперсионными зависимостями – двухпотоковая и трехпотоковая модели (более подробно см. [16, 17]).

Для исследования возмущений солнечного ветра были отобраны сеансы наблюдений на радиотелескопах УТР-2 и УРАН-2, в течение которых было зафиксировано увеличение скорости в ближайшем к Земле потоке солнечного ветра. Всего за период наблюдений было отмечено 52 дня, когда скорость, определенная из наблюдений мерцаний одного или нескольких радиоисточников, составляла  $v \geq 500$  км/с. Чаще всего значения скорости, большие 500 км/с, фиксировались в 2003 г. вблизи максимума 23 цикла солнечной активности. Полученные результаты были сопоставлены со значениями скорости солнечного ветра вблизи Земли по данным, зарегистрированным на борту космического аппарата “СОХО” [18]. Далее были отобраны временные интервалы длительностью не менее 4 дней, когда наблюдения проводились на нескольких гелиоширотах и одновременно было отмечено увеличение скорости солнечного ветра по данным “СОХО”.

Рассмотрим временной интервал вблизи максимума 23 цикла солнечной активности, а именно апрель 2003 г. На рис. 1, а приведены графики скорости солнечного ветра по данным “СОХО” и скорости, определенной из наблюдений межпланетных мерцаний радиоисточников 3С280 и 3С380.



**Рис. 1.** Временные зависимости скорости солнечного ветра и геомагнитного индекса  $A_p$ : *a* – скорость в апреле 2003 г., определенная по данным космического аппарата “СОХО” (сплошная линия), а также из наблюдений межпланетных мерцаний радиоисточников 3С280 (ромбы) и 3С380 (звездочки); *б* – скорость в феврале 2011 г., определенная по данным “СОХО” (сплошная линия), а также из наблюдений межпланетных мерцаний радиоисточников 3С144 (темные кружки) и 3С196 (квадраты); *в*, *г* – трехчасовые (сплошная линия) и среднесуточные (пунктирная линия) значения геомагнитного индекса  $A_p$  для тех же временных интервалов в апреле 2003 г. и феврале 2011 г. соответственно

Гелиошироты  $\beta$  указанных радиоисточников соответственно равны  $47.81^\circ$  и  $71.79^\circ$  [19]. Как видно из рисунка, увеличение скорости солнечного ветра, полученной из наблюдений мерцаний, имело место в достаточно широком диапазоне гелиоширот. В этот период наблюдалось также увеличение скорости в плоскости эклиптики, зафиксированное миссией “СОХО” [18]. Кроме этого, мы видим некоторое запаздывание увеличения скорости, полученной из наблюдений мерцаний, по отношению к значениям скорости вблизи Земли по данным “СОХО”. Согласно модельным расчетам [14] в декаметровом диапазоне при больших углах элонгации рассеивающая об-

ласть расположена на луче зрения на некотором расстоянии от Земли, зависящем от угла элонгации. При наблюдениях на УТР-2 в апреле 2003 г. углы элонгации  $\phi$  для радиоисточников 3С280 и 3С380 составили соответственно  $-116^\circ$  и  $96^\circ$ . Расчеты, аналогичные приведенным в работе [14], позволяют оценить расстояние от Земли до основной рассеивающей области соответственно в 0.5 и 0.6 а. е. В то же время в апреле 2003 г. космический аппарат “СОХО” находился на околоземной орбите на расстоянии приблизительно 255 радиусов Земли или 0.01 а. е. [18]. Это может служить объяснением отличия значений скорости солнечного ветра, полученных из

наблюдений мерцаний, от данных миссии “СОХО”. На рис. 1, б приведены графики трехчасовых и среднесуточных значений планетарных геомагнитных индексов  $A_p$  [20] для периода наблюдений на УТР-2 в апреле 2003 г. Можно отметить заметное увеличение как трехчасовых, так и среднесуточных значений  $A_p$ .

Наблюдения в феврале 2011 г. относятся к периоду возрастания солнечной активности вблизи максимума 24 цикла солнечной активности. На рис. 1, в приведены временные зависимости скорости солнечного ветра по данным космического аппарата “СОХО” и скорости, определенной из наблюдений межпланетных мерцаний радиоисточников 3С144 и 3С196 (гелиошироты  $\beta$  соответственно равны  $-1.3^\circ$  и  $27.5^\circ$  [19], углы элонгации  $\varphi$  – соответственно  $114^\circ$  и  $136^\circ$  [14]). Графики показывают заметное увеличение скорости солнечного ветра как вблизи плоскости эклиптики, так и на более высокой гелиошироте. Значения скорости солнечного ветра, полученные из наблюдений мерцаний источника 3С144, соответствуют значениям скорости вблизи Земли по данным космического аппарата “СОХО” с запаздыванием возрастания скорости приблизительно на 1–2 дня. Оценка расстояния от Земли до основной рассеивающей области дает значение приблизительно 0.2 а. е. для сеанса наблюдений в ночь с 18 на 19 февраля и 0.7 а. е. для сеанса наблюдений в ночь с 19 на 20 февраля. Максимальные значения скорости солнечного ветра, полученные из наблюдений мерцаний источника 3С196, соответствуют максимуму скорости по данным “СОХО” с запаздыванием не более, чем в 1 день. При этом расстояние от Земли до основной рассеивающей области не превышает 0.2 а. е. На рис. 1, г приведены графики трехчасовых и среднесуточных значений индексов  $A_p$  по данным [20]. Можно отметить заметное кратковременное увеличение трехчасовых индексов  $A_p$  14 и 18 февраля, в то же время среднесуточные значения  $A_p$  в период наблюдений на УТР-2 оставались достаточно низкими.

Рассмотрим результаты наблюдений, соответствующие минимуму солнечной активности в ноябре 2007 г. и декабре 2008 г. На рис. 2 приведены графики временных зависимостей скорости солнечного ветра вблизи Земли по данным космического аппарата “СОХО” и скорости, определенной из наблюдений межпланетных мерцаний

радиоисточников 3С144 (гелиоширота  $\beta = -1.3^\circ$ ), 3С196 ( $\beta = 27.57^\circ$ ) и 3С254 ( $\beta = 32.54^\circ$  [19]) в ноябре 2007 г. (рис. 2, а) и радиоисточников 3С144, 3С196, 3С254 и 3С245 ( $\beta = 3.62^\circ$  [19]) в декабре 2008 г. (рис. 2, в). Мы видим, что увеличение скорости наблюдалось вблизи плоскости эклиптики. Наблюдения мерцаний источников 3С144 и 3С245 показали запаздывание увеличения скорости по отношению к значениям скорости по данным “СОХО”. Можно также отметить, что в рассматриваемые периоды времени значения геомагнитных индексов  $A_p$  составили  $A_p \leq 17$  в ноябре 2007 г. и  $A_p \leq 24$  в декабре 2008 г., т. е. геомагнитная активность была низкой (рис. 2, б и г).

### 3. Обсуждение результатов

Необходимым условием для возникновения геомагнитного возмущения является наличие длительной отрицательной (или южной) компоненты межпланетного магнитного поля  $B_z < -5$  нТ, перпендикулярной плоскости эклиптики [21]. Авторы [21] выделяют два вида солнечно-земных событий, приводящих к геомагнитным возмущениям. Во-первых, возникновение геомагнитного возмущения возможно при корональном выбросе массы, который порождает магнитное облако и область сжатия перед ним с южной компонентой магнитного поля. Во-вторых, корональная дыра является источником быстрого солнечного ветра, на границе которого формируется область сжатия с  $B_z < 0$ .

Согласно данным [6, 22] увеличение скорости солнечного ветра вблизи Земли в апреле 2003 г. вызвано высокоскоростными потоками из корональных дыр. Резкое возрастание скорости, наблюдавшееся вблизи Земли 18 и 19 февраля 2011 г. может быть связано с имевшей место 15 февраля 2011 г. солнечной вспышкой X-класса, сопровождавшейся корональным выбросом массы [14, 22]. В ноябре 2007 г. и декабре 2008 г. увеличение скорости солнечного ветра в плоскости эклиптики также можно связать с прохождением вблизи Земли высокоскоростных потоков из корональных дыр [22].

В апреле 2003 г. в период наблюдений на УТР-2 согласно данным [23] имели место заметные колебания перпендикулярной к плоскости эклиптики  $B_z$ -компоненты межпланетного магнитного поля с минимальным значением  $B_z \approx -6$  нТ

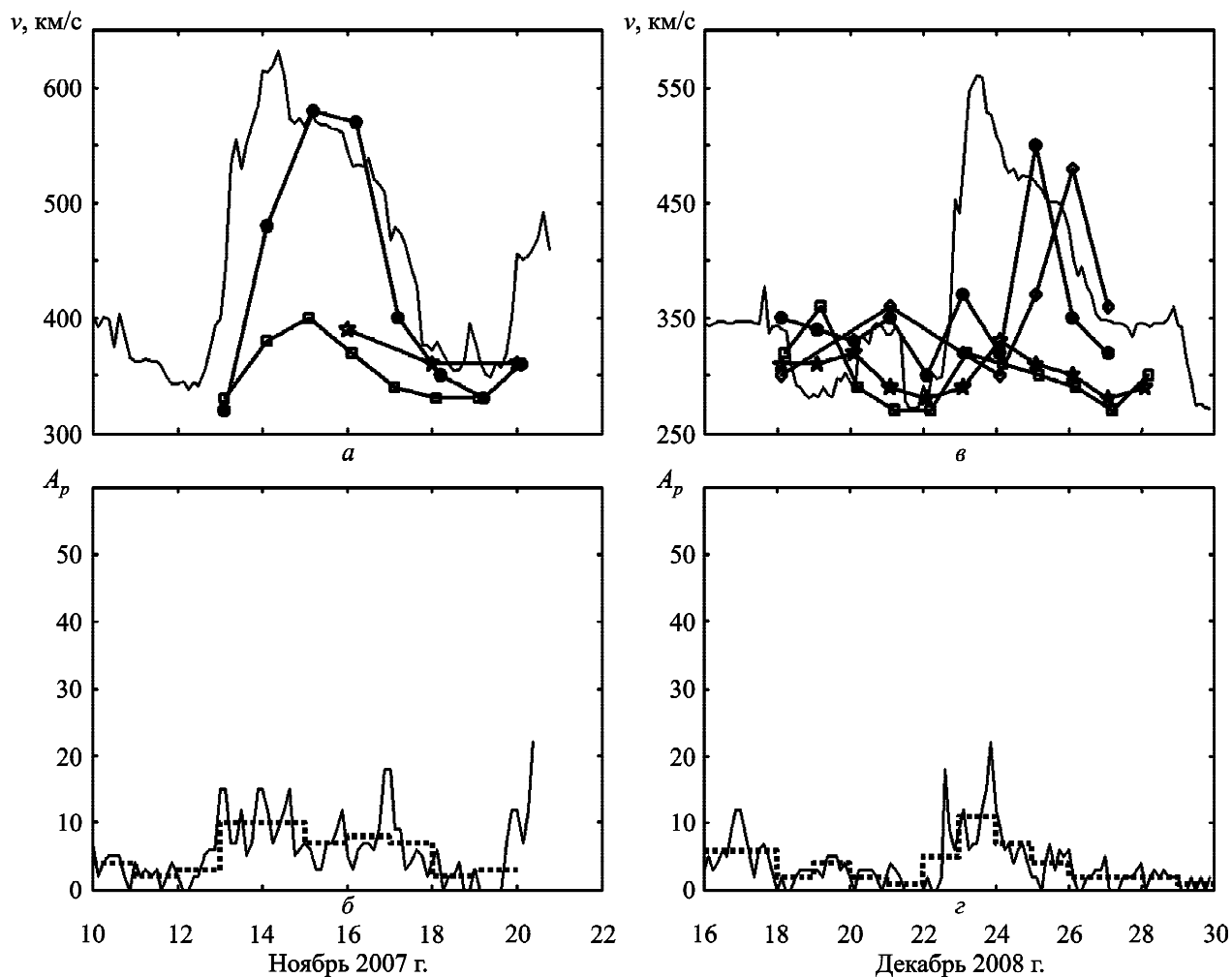


Рис. 2. Временные зависимости для скорости солнечного ветра и геомагнитного индекса  $A_p$ : а – скорость в ноябре 2007 г., определенная по данным космического аппарата “СОХО” (сплошная линия), а также из наблюдений межпланетных мерцаний радиоисточников 3С144 (темные кружки), 3С196 (квадраты) и 3С254 (звездочки); б – скорость в декабре 2008 г., определяется по данным “СОХО” (сплошная линия), а также из наблюдений межпланетных мерцаний радиоисточников 3С144 (темные кружки), 3С196 (квадраты), 3С245 (ромбы) и 3С254 (звездочки); б, з – трехчасовые (сплошная линия) и среднесуточные (пунктирная линия) значения геомагнитного индекса  $A_p$  для тех же временных интервалов в ноябре 2007 г. и декабре 2008 г. соответственно

25 апреля 2003 г. при среднесуточном значении  $\bar{B}_z \approx -1.7$  нТ. В феврале 2011 г. в период наблюдений на УТР-2 и УРАН-2 имели место заметные быстрые колебания  $B_z$ -компоненты межпланетного магнитного поля с минимальным значением  $B_z \approx -8.8$  нТ 18 февраля и  $B_z \approx -5.3$  нТ 19 февраля при среднесуточных значениях соответственно  $\bar{B}_z \approx 4$  нТ и  $\bar{B}_z \approx -1.8$  нТ. В ноябре 2007 г. и декабре 2008 г. наблюдались в основном незначительные колебания  $B_z$ -компоненты межпланетного магнитного поля, минимальные значения которой составили  $B_z \approx -6$  нТ 16 ноября 2007 г. и  $B_z \approx -6.5$  нТ 22 декабря 2008 г. при средне-

суточных значениях соответственно  $\bar{B}_z \approx 0.33$  нТ и  $\bar{B}_z \approx 1.1$  нТ. Сравнение со значениями геомагнитного индекса  $A_p$  позволяет утверждать, что геомагнитные возмущения возникали при отрицательных среднесуточных значениях перпендикулярной к плоскости эклиптики  $B_z$ -компоненты межпланетного магнитного поля.

#### 4. Заключение

В работе проанализирована связь между геомагнитным индексом  $A_p$  и значениями скорости солнечного ветра, полученными космическим аппара-

том “СОХО” и из наблюдений межпланетных мерцаний на декаметровых радиотелескопах УТР-2 и УРАН-2 при углах элонгации, больших  $90^\circ$ . Было установлено, что наблюдавшиеся повышения скорости солнечного ветра связаны преимущественно с высокоскоростными потоками из корональных дыр. В то же время в феврале 2011 г. во время наблюдений имела место солнечная вспышка Х-класса, сопровождавшаяся корональным выбросом массы. В период убывания солнечной активности вблизи максимума 23 цикла солнечной активности в апреле 2003 г. и трехчасовые, и среднесуточные значения геомагнитного индекса  $A_p$  были повышенными, что свидетельствует об усилении геомагнитной активности. Проводившиеся в это время наблюдения межпланетных мерцаний на радиотелескопе УТР-2 показали увеличение скорости солнечного ветра в широком диапазоне гелиоширот. В период возрастания солнечной активности вблизи максимума 24 цикла солнечной активности в феврале 2011 г. имели место значительные кратковременные возрастания индекса  $A_p$ , свидетельствующие о возникновении геомагнитного возмущения. Наблюдения межпланетных мерцаний на УТР-2 и УРАН-2 также показали увеличение скорости солнечного ветра в широком диапазоне гелиоширот. В минимуме солнечной активности в ноябре 2007 г. и в декабре 2008 г. значения геомагнитного индекса  $A_p$  оставались низкими. Наблюдения на УТР-2 и УРАН-2 показали, что заметное увеличение скорости в этот период имело место только вблизи плоскости эклиптики.

Можно сделать вывод, что наблюдаемое радиоастрономическими методами увеличение скорости солнечного ветра в достаточно широком диапазоне гелиоширот может свидетельствовать о высокой вероятности возникновения геомагнитного возмущения, связанного с прохождением высокоскоростного потока. Радиоастрономические наблюдения в широком диапазоне гелиоширот наряду с наблюдениями на борту космических аппаратов могут быть использованы для усовершенствования методики прогнозирования геомагнитных возмущений.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке “Целевой комплексной программой НАН Украины по научным космическим исследованиям на 2012–2016 гг.”.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kishcha P. V., Dmitrieva I. V., and Obridko V. N. Long-term variations of the solar-geomagnetic correlation, total solar irradiance, and northern hemispheric temperature (1868-1997) // *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.* – 1999. – Vol. 61, No. 11. – P. 799–808.
2. Bhatt N. J., Jain R., and Aggarwa M. Predicting maximum sunspot number in solar cycle 24 // *J. Astrophys. Astron.* – 2009. – Vol. 30, No. 1. – P. 71–77.
3. Crooker N. U., Feynman J., and Gosling J. T. On the high correlation between long-term averages of solar wind velocity and geomagnetic activity // *J. Geophys. Res.* – 1977. – Vol. 82, No. 5. – P. 1933–1937.
4. Gonzalez W. D. and Tsurutani B. T. Criteria of interplanetary parameters causing intense magnetic storms ( $D_{st} < -100$  nT) // *Planet. Space Sci.* – 1987. – Vol. 35, No. 9. – P. 1101–1109.
5. Rangarajan G. K. and Barreto L. M. Long term variability in solar wind velocity and IMF intensity and the relationship between solar wind parameters & geomagnetic activity // *Earth Planets Space.* – 2000. – Vol. 52, No. 1. – P. 121–132.
6. Tiwari J., Tiwari A. K., and Shrivastava A. Study of interplanetary parameters effect on geomagnetic field // *Rom. J. Phys.* – 2011. – Vol. 56, No. 5-6. – P. 801–812.
7. Tripathi M. K., Gupta R. S., Verma P. L., and Khare N. Association between geomagnetic Kp and Ap index with solar and interplanetary parameters // *Indian J. Sci. Res.* – 2012. – Vol. 3, No. 1. – P. 153–156.
8. Власов В. И., Шушов В. И., Шушова Т. Д. Связь между вариациями индекса геомагнитной активности и параметрами межпланетных мерцаний // *Геомагнетизм и аэронаука.* – 1985. – Т. 25, № 2. – С. 254–258.
9. Jadeja A. K., Iyer K. N., Vats H. O., and Manoharan P. K. Geo-effectiveness of CMEs // *J. Astrophys. Astron.* – 2008. – Vol. 29, No. 1/2. – P. 287–291.
10. Naggood M. A. and Lucek E. A. Interplanetary scintillation and space weather monitoring // *Proc. of the Workshop on Space Weather, European Space Agency, Paris. ESA-WPP.* – 1999. – Vol. 155. – P. 487–490.
11. Фалькович И. С., Коноваленко А. А., Калиниченко Н. Н., Оляк М. Р., Гридин А. А., Бубнов Н. И., Лекашо А., Рукер Х. Вариации параметров струйной структуры солнечного ветра на расстояниях более 1 а. е. в 2003–2004 гг. // *Радиофизика и радиоастрономия.* – 2006. – Т. 11, № 1. – С. 31–41.
12. Фалькович И. С., Оляк М. Р., Калиниченко Н. Н., Бубнов Н. И. Связь между вариациями параметров солнечного ветра и индексом геомагнитной активности  $A_p$  в 2003–2005 гг. // *Радиофизика и радиоастрономия.* – 2011. – Т. 16, № 1. – С. 15–21.
13. Фалькович И. С., Калиниченко Н. Н., Коноваленко А. А., Яцкив Я. С., Литвиненко Л. Н., Мельник В. Н., Оляк М. Р., Доровский В. В., Браженко А. И., Литвиненко О. А., Бубнов Н. И., Гридин А. А., Соловьев В. В. Система декаметровых радиотелескопов УРАН как инструмент для исследований космической погоды // *Радиофизика и радиоастрономия.* – 2011. – Т. 16, № 2. – С. 144–153.
14. Калиниченко Н. Н., Коноваленко А. А., Браженко А. И., Соловьев В. В. Корональный выброс массы 15 февраля

- 2011 г. в межпланетном пространстве и его наблюдения методом мерцаний космических источников в декаметровом диапазоне радиоволн // Радиофизика и радиоастрономия. – 2013. – Т. 18, № 4. – С. 301–308.
15. Оляк М. Р., Калиниченко Н. Н., Коноваленко А. А., Браженко А. И. Применение спектрального и дисперсионного анализа в декаметровом диапазоне радиоволн для определения параметров солнечного ветра // Радиофизика и радиоастрономия. – 2014. – Т. 19, № 2. – С. 120–125.
  16. Olyak M. R. Large-scale structure of solar wind and geomagnetic phenomena // J. Atmos. Sol.-Terr. Phys. – 2012. – Vol. 86. – P. 34–40.
  17. Olyak M. R. The dispersion analysis of drift velocity in the study of solar wind flows // J. Atmos. Sol.-Terr. Phys. – 2013. – Vol. 102. – P. 185–191.
  18. Database of CELIAS/MTOF proton monitor on the SOHO spacecraft [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://umtof.umd.edu/pm/crn/>
  19. Бовкун В. П., Жук И. Н. Мерцания космических источников в декаметровом диапазоне радиоволн на неоднородностях межпланетной плазмы и ионосферы // Космическая наука и техника. – 1992. – Вып. 7. – С. 80–91.
  20. Database of World Data Center for Solar-Terrestrial Physics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wdcb.ru/stp/data/geomagni.ind/>
  21. Ермолаев Ю. И., Ермолаев М. Ю. Солнечные и межпланетные источники геомагнитных бурь: аспекты космической погоды // Геофизические процессы и биосфера. – 2009. – Т. 8, № 1. – С. 5–35.
  22. IAS-MEDOC solar data archive [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://idc-medoc.ias.u-psud.fr/>
  23. Database of ACE Science Center from ACE spacecraft [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.srl.caltech.edu/ACE/ASC/level2/>

М. Р. Оляк

Радиоастрономічний інститут НАН України,  
вул. Червонопрапорна, 4, м. Харків, 61002, Україна

#### ВИСОКОШВИДКІСНИЙ СОНЯЧНИЙ ВІТЕР І ГЕОМАГНІТНА АКТИВНІСТЬ

Аналізується вплив підвищення швидкості сонячного вітру на виникнення геомагнітних збурень. Значення швидкості сонячного вітру, визначені із спостережень мерехтінь на радіотелескопах УТР-2 і УРАН-2 в 2003–2011 рр., аналізуються разом з параметрами сонячного вітру на рівні ор-

біти Землі і геомагнітними індексами  $A_p$ . Підвищення швидкості сонячного вітру в періоди спостережень було пов'язано переважно з високошвидкісними потоками з корональних дір. У лютому 2011 р. в період спостережень мав місце сонячний спалах Х-класу, що супроводжувався корональним викидом маси. Встановлено, що у розглянуті періоди часу геомагнітні збурення виникали при негативних середньодобових значеннях перпендикулярної до площини екліптики компоненти міжпланетного магнітного поля. Виявлено, що підвищення швидкості сонячного вітру, яке спостерігалось на УТР-2 і УРАН-2 в широкому діапазоні геліоширот, супроводжувалось збільшенням геомагнітного індексу  $A_p$  та виникненням геомагнітної бурі. Водночас підвищення швидкості сонячного вітру у вузькій смузі геліоширот поблизу площини екліптики не супроводжувалось геомагнітними збуреннями.

М. R. Olyak

Institute of Radio Astronomy, National Academy  
of Sciences of Ukraine,  
4, Chervonopraporna St., Kharkiv, 61002, Ukraine

#### HIGH-SPEED SOLAR WIND AND GEOMAGNETIC ACTIVITY

The impact of high-speed solar wind disturbances on the occurrence of geomagnetic storms is analyzed. The solar wind velocity values, determined from scintillation observations at the UTR-2 and URAN-2 Ukrainian decameter radio telescopes are analyzed together with the solar wind parameters at the Earth's orbit and geomagnetic indices  $A_p$ . The solar wind velocity increase during observations was chiefly caused by the high-speed streams from coronal holes. At the time of February 2011, the X-class solar flare, accompanied by coronal mass ejections, was also observed. It was found that the geomagnetic disturbances of that period occurred at negative daily values of the interplanetary magnetic field component being perpendicular to the ecliptic plane. It was shown that the increasing solar wind velocity observed with the UTR-2 and URAN-2 within a wide range of helio-latitudes leads to increase in geomagnetic index  $A_p$  and to geomagnetic disturbance. Whereas the increase of solar wind velocity in a narrow range of helio-latitudes near to the ecliptic plane was never accompanied by geomagnetic perturbations.

Статья поступила в редакцию 10.11.2014