

УДК 551.524:550.385:523.9

*Е.С. Высочина, В.А. Величко, С.Н. Басан***РОСТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА КАК ОТКЛИК
НА ГЕОМАГНИТНУЮ БУРЮ С ВНЕЗАПНЫМ НАЧАЛОМ**Российский государственный гидрометеорологический университет,
филиал г. Туапсе, vysochina.e.s@yandex.ru*E.S. Vysochina, V.A. Velichko, S.N. Basan***GROWTH TEMPERATURE IN RESPONSE TO THE
GEOMAGNETIC STORM WITH A SUDDEN BEGINNING**

Статья посвящена вопросам изучения динамики низкоширотной термосферно-ионосферной системы в период геомагнитных бурь. По данным метеорологических исследований обнаружен закономерный рост температуры воздуха, совпадающий по временным параметрам с внезапным началом геомагнитной бури. Так, были проанализированы данные по температуре воздуха порядка 100 метеорологических станций. На основе этого анализа было установлено явление кратковременного (30–60 мин) роста температуры приземного слоя воздуха во время магнитной бури с внезапным началом. Исследование имеет важное прикладное значение, так как предсказание этого явления позволит улучшить различные сферы жизнедеятельности человека.

Ключевые слова: *низкоширотная термосфера, геомагнитная буря, температура воздуха, магнитная буря с внезапным началом, рост температуры воздуха.*

The paper deals with the issues of dynamics of low-latitude thermospheric-ionospheric system during geomagnetic storms. Meteorological studies found natural growth of air temperature, coincident in timing with the beginning of a geomagnetic storm. According to the temperature analysis by about one hundred meteorological stations, the phenomenon of short-term (30-60 min.) surface air temperature growth during a magnetic storm with a sudden beginning was revealed. The study has an important application value, since the prediction of this phenomenon will improve various spheres of human activity.

Keywords: *the low-latitude thermosphere, geomagnetic storm, temperature air, the magnetic storm with a sudden beginning, growth temperature.*

Динамика низкоширотной термосферно-ионосферной системы в период геомагнитных бурь является одним из актуальных направлений исследований как космической, так и метеорологической погоды. По данным метеорологических наблюдений обнаружен рост температуры воздуха, совпадающий по времени с началом геомагнитной бури [4]. Влияние геомагнитных бурь на различные сферы жизнедеятельности человека, такие как техногенные системы, электроника, медицинские показатели, приводит к негативным последствиям, поэтому предсказание этого явления имеет важное значение с практической точки зрения.

Исследованию солнечной активности и связанных с нею геомагнитных бурь в атмосферном электричестве высоких и средних широт посвящено довольно много научных работ [1, 2, 3]. Однозначно доказан факт сильного разогрева ионосферы во время геомагнитной бури (в частности, исследование [12]).

При анализе временных вариаций значений метеорологических характеристик по данным Автоматической метеорологической станции (АМС) Гидрометеорологического бюро (ГМБ) г. Туапсе было обнаружено, что в ряде случаев вместо суточного хода (типичная тенденция монотонного уменьшения температуры со временем) в вечернее и ночное время наблюдается кратковременный рост значений температуры в течение ~ 30 – 60 мин. Данные ГМБ г. Туапсе представлены в виде среднечасовых значений температуры воздуха. Среднечасовые значения слишком редкие, и часть информации проходит мимо наблюдателя, что не дает возможности однозначно определить достоверность обнаруженного факта. Для более детального изучения данного эффекта была привлечена информация, отражающая суточные изменения температуры воздуха с 15-минутным интервалом времени по сети станций, размещенных в западном секторе США. В исследовании участвовали данные порядка 100 метеорологических станций. Сеть метеорологических станций США является более совершенной и достаточно обширной для проведения исследований, их преимущество заключается в том, что данные находятся в открытом доступе [8].

Сильные понижения – от 100 до нескольких сотен нанотеслов или гамм (нТ) – H -компоненты геомагнитного поля (в любой точке вектор напряженности магнитного поля Земли может быть разложен на составляющие – амплитуды векторов магнитного поля по направлениям: H – компонента на север, D – компонента на восток, Z – вертикальная компонента), происходящие иногда в средних и низких широтах Земли, получили название геомагнитных, или магнитных, бурь.

Магнитосферная буря – совокупность процессов, происходящих в магнитосфере Земли во время магнитной бури. Во время магбури происходит сильное поджатие границы магнитосферы с дневной стороны (депрессия) и другие значительные деформации структуры магнитосферы, формируется кольцевой ток энергичных частиц во внутренней магнитосфере. Магнитосферные бури связаны с корональными выбросами масс и солнечными вспышками и вызываются поступлением генерируемой высокоскоростной солнечной плазмы и связанной с ней ударной волны в окрестность Земли.

Буря начинается с резкого увеличения H -компонента на всех широтах. В течение нескольких часов величина поля превышает его значения перед внезапным началом, до наступления внезапного уменьшения поля. Временной интервал между внезапным началом бури и моментом уменьшения поля называется начальной фазой (IP – *Initial Phase*). Статистические исследования показывают, что начальная фаза может продолжаться от 30 мин до нескольких часов.

Уменьшение поля очень отчетливо наблюдается в средних и низких широтах. Однако на экваториальных станциях накладываются большие возмущения в районе электроструи. Уменьшение поля может продолжаться несколько часов, а иногда и дней, и называется главной фазой (MP – *Main Phase*).

Затем начинается медленное восстановление, и H -компонент возвращается к уровню, который был перед бурей, или во многих случаях к уровню немного ниже исходного. Эта фаза бури, называемая фазой восстановления (RP – *Recovery Phase*), может длиться от нескольких часов до нескольких дней [6]. Следует заметить, что уменьшение поля иногда может наблюдаться и без внезапного начала

бури, а также протекать в различных иррегулярных формах. Однако в последние годы термин «магнитная буря» употребляется в том случае, если имеются все характерные фазы: внезапное начало, начальная фаза, главная фаза, фаза восстановления.

В период геомагнитной бури формируется протонный пояс – кольцевой ток. Его магнитный эффект на поверхности Земли проявляется в виде уменьшения горизонтальной составляющей геомагнитного поля как на низких и средних широтах, так и на экваторе. Планетарный индекс *Dst* отражает поле, обусловленное внешними источниками, которые индуцируют земные токи. Эти токи вносят заметный вклад в вариации магнитного поля на поверхности Земли.

Dst-индекс (*disturbance storm time*) представляет собой осесимметричную относительно геомагнитного диполя компоненту возмущенного магнитного поля и определяется на основе измерений магнитного поля на четырех приэкваториальных станциях: Сан-Хуан, Херманус, Какиока, Гонолулу. Процедура вывода *Dst*-индекса описана в (Sugiura, Kamei, 1991). На каждой станции для каждого часа мирового времени определяется величина возмущения магнитного поля $D(T)$, связанного с состоянием межпланетной среды.

Для этого из горизонтальной компоненты магнитного поля, измеряемого на каждой станции вдоль меридиана (H -компонента), исключаются вековые вариации геомагнитного поля ($Hbase$) и солнечно-суточная вариация Sq , порожденная ионосферной двухвихревой токовой системой, расположенной в окрестности полуденного меридиана [5].

$$D(T) = H(T) - Hbase(T) - Sq(T), \quad (1)$$

где $D(T)$ – величина возмущения магнитного поля на каждой станции для каждого часа мирового времени; $H(T)$ – горизонтальная компонента магнитного поля, измеряемого на каждой станции вдоль меридиана; $Hbase$ – вековые вариации геомагнитного поля; Sq – солнечно-суточная вариация.

Dst определяется как среднее значение возмущений по долготе, приведенное к экватору. Индекс *Dst* достаточно оперативно предоставляет World Data Center for Geomagnetism (Kyoto, Japan) [9]. Анализ магнитных бурь показал, что *Dst*-вариация не представляет собой единого физического явления и определяется развитием двух существенно различных процессов. Увеличение H в начальной фазе бури обуславливается полем токов, текущих вдоль поверхности магнитосферы Земли, тогда как понижение поля H во время главной фазы и фазы восстановления объясняется развитием в магнитосфере кольцевых токов западного направления.

Анализируя статистические данные нескольких десятков событий с 1991 до 2015 г., было обнаружено, что в момент начала главной фазы геомагнитной бури, которая характеризуется переходом знака *Dst*-индекса с плюса на минус, всегда встречаются несколько десятков станций, регистрирующих рост температуры воздуха в данное время [7]. На фоне естественного суточного спада температуры воздуха в это время регистрируется необъяснимый рост температуры.

В качестве основы для более детального исследования было взято событие 31.03.2001 г. На рис. 1 представлена графическая интерпретация значений *Dst*-индекса за период с 01.03.2001 г. по 31.03.2001 г. Можно заметить, что 31.03.2001 г.

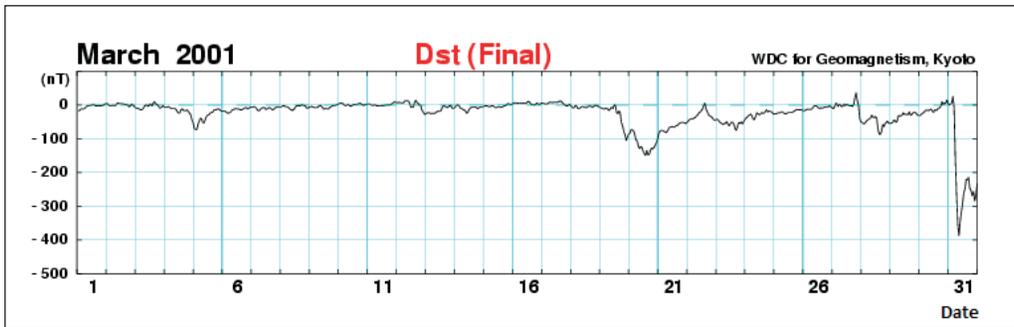


Рис. 1. Данные *Dst*-вариаций за март 2001 г.
(<http://swdc234.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstdir/index.html>)

значение *Dst*-индекса резко понижается, что характеризует начало главной фазы геомагнитной бури.

Таблица 1

Часовые значения *Dst*-индекса за 31.03.2001 г.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	UT
0	3	5	26	-8	-156	-262	-351	-387	-346	-317	-292	-259	-249	-220	-222	-214	-247	-254	-269	-256	-284	-269	-233	нТл

В табл. 1 представлены часовые значения *Dst*-индекса. Вариация в геомагнитном поле во время геомагнитной бури, наблюдавшаяся 31 марта – 1 апреля 2001 г.:

– 31.03.01 г., 04:00 UT – 09:00 начальная фаза и главная фаза (амплитуда *Dst* 26 нТ – –387 нТ);

– 31.03.01 г., 10:00 – 04.04.01, 15:00 – фаза восстановления.

Из табл. 1 видно, что во временном интервале от 4 до 5 часов UT (время мировое) происходит смена знака индекса с плюса на минус. Данный временной интервал UT соответствует примерно 21 часу 30.03.2001 г. по местному времени США (для рассматриваемой станции FOR).

При событии 31 марта 2001 г. в исследуемом секторе, охваченном сетью станций проекта «Agrimet», обнаружена 21 станция с явным ростом температуры воздуха в рассматриваемый период.

На рис. 2 представлены термограммы по станции FOR (где рост температуры был явно выражен) за 29.03.2001 г. и 30.03.2001 г. Можно увидеть, что 29 марта происходит естественный спад температуры, в то время как 30 марта в том же временном интервале происходит подъем температуры (при схожей синоптической ситуации).

В табл. 2 представлены числовые данные измерений температуры воздуха с 15-минутным интервалом за 29.03.2001–30.03.2001 во временном промежутке 19:00 до 00:00 (LT).

При анализе данных были изучены синоптические карты за интересующий период, что необходимо для исключения прочих причин повышения температуры

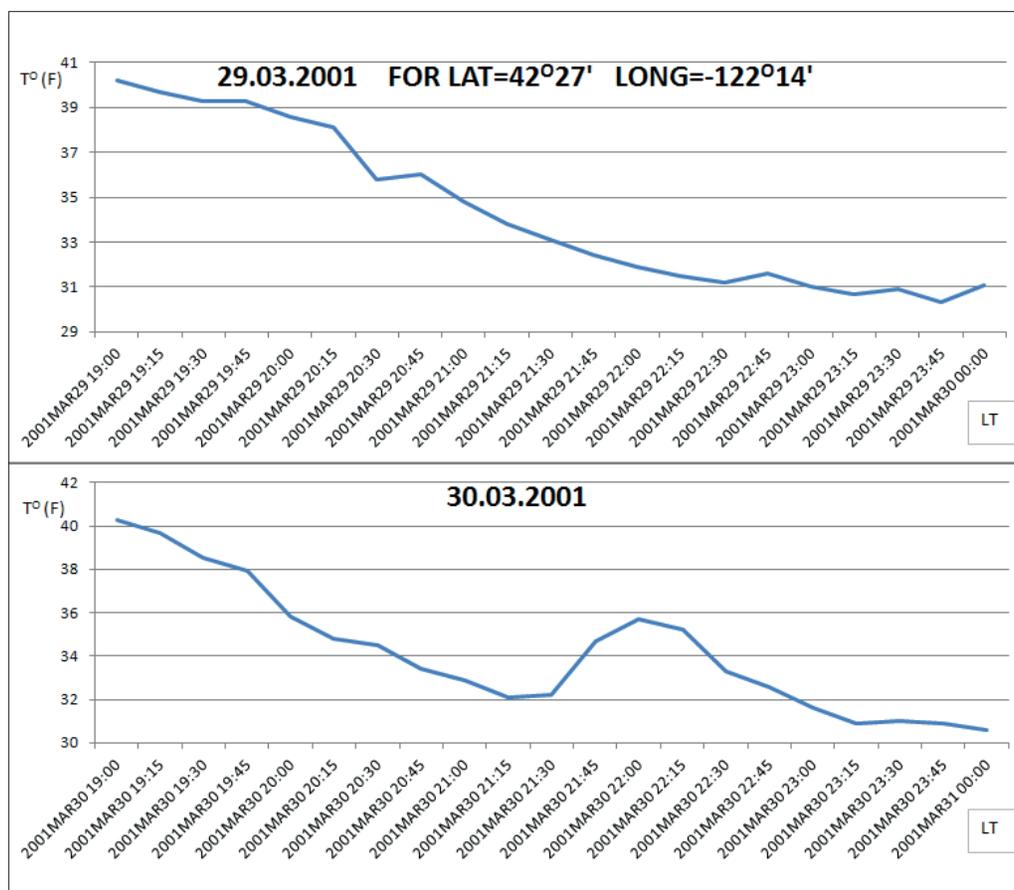


Рис. 2. Данные ст. FOR (Fourmile Lake near Ashland); вариации температуры воздуха за 29–30 марта 2001 г.

воздуха (например, адвекция теплой воздушной массы). Следует обратить внимание на то, что погодные условия не могли нарушить суточный ход температуры (малооблачность, отсутствие фронтальных разделов). Таким образом, эффект нагрева нижней тропосферы вследствие геомагнитной бури можно считать достоверно зафиксированным. Было проведено дополнительное изучение результатов наблюдений с целью получения информации о реакции температуры воздуха в момент появления как внезапного импульса (SI), так и внезапного начала (SC) геомагнитных возмущений, в большинстве случаев, опережающих начало бури. Данные о дате и времени этих импульсов можно найти в сети Интернет (<http://www.obsebre.es/en/rapid>).

В качестве примера рассмотрено событие 07 января 2015 г. в 6:16 по мировому времени (UT). Это время возникновения внезапного начала геомагнитных возмущений соответствует 06 января 2015 г. 22:16 по местному времени. В табл. 3

Таблица 2

Измерения температуры воздуха 29.03.2001–30.03.2001 с 19:00 до 00:00 (LT)

29.03.2001	FOR OB	30.03.2001	FOR OB
19:00	40.2	19:00	40.3
19:15	39.7	19:15	39.7
19:30	39.3	19:30	38.5
19:45	39.3	19:45	37.9
20:00	38.6	20:00	35.8
20:15	38.1	20:15	34.8
20:30	35.8	20:30	34.5
20:45	36.0	20:45	33.4
21:00	34.8	21:00	32.9
21:15	33.8	21:15	32.1
21:30	33.1	21:30	32.2
21:45	32.4	21:45	34.7
22:00	31.9	22:00	35.7
22:15	31.5	22:15	35.2
22:30	31.2	22:30	33.3
22:45	31.6	22:45	32.6
23:00	31.0	23:00	31.6
23:15	30.7	23:15	30.9
23:30	30.9	23:30	31.0
23:45	30.3	23:45	30.9
00:00	31.1	00:00	30.6

представлены станции, расположенные на одном из трех меридианов западного региона США узкого долготного сектора от 120 до 122°, которые регистрируют кратковременный (15–30 мин) рост температуры воздуха в момент внезапного начала геомагнитных возмущений (SC). По табл. 3 можно увидеть, что в момент начала главной фазы геомагнитной бури (соответствует 7 января 2015 08:00–09:00 по мировому времени, или 00:00–01:00 по местному времени) также обнаружен рост температуры воздуха.

В табл. 4 представлены наиболее яркие события с 1997 по 2015 г. Таблица отражает время возникновения внезапного импульса (SSC), основной фазы геомагнитной бури и соответствующие им мировое скоординированное и местное время с указанием прироста температур на каждой стадии. В выборке только геомагнитные бури, начавшиеся вечером или ночью по времени запада США (утром и днем рост температуры вследствие притока солнечной радиации неотличим от исследуемого нами феномена). Время начала геомагнитной бури, использованное для составления табл. 4, было определено по данным работы [11].

Одним из возможных механизмов наблюдаемого явления может быть процесс генерации локальными пакетами альфвеновских волн как отдельного типа локальных короткопериодных колебаний геомагнитного поля в пространственно-временном масштабе, так и локальных температурных градиентов [10]. Более обоснованный ответ на этот вопрос нуждается в дополнительных исследованиях.

Таблица 3

Измерения температуры воздуха 06–07 января 2015 г. от 21:00 до 03:00 (ЛТ)

	21:00	21:15	21:30	21:45	22:00	22:15	22:30	22:45	23:00	23:15	23:30	23:45	0:00	0:15	0:30	0:45	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	Δt SC	Δt Dst		
HOXO	39,3	38,3	37,9	37,1	38,4	36,3	37,1	35,8	36,4	34,8	34,3	35,8	35,2	35,4	34,6	34,2	33	33	33,5	33,3	33,6	33,3	33,5	33,1	31,5	31,5	0,8		
PNGO	35,1	36,6	34	33,9	33,8	33,3	35,4	32,7	31,9	31,9	31,7	32,1	32,9	30,4	31,3	31,9	32,2	31,9	29,9	30	30,5	31,2	31	30,1	30,1	2,1			
DEFO	36,7	37,3	37,2	36,8	36,7	35,7	35,6	35,8	35,7	35,8	34,5	34	33,7	33,9	33,9	31,6	31,9	33,2	33,6	33,6	33,3	33,6	33,9	32,8	31,6				
PARO	33,3	33,4	32,2	33,2	33,1	31,5	32,5	32,4	32,3	30,7	30,8	32,2	31	31,3	31,4	31,3	30,9	30,9	29,9	30,7	31,1	30	30,1	30	30,9	1			
ARAO	43,8	43,7	43,5	43,7	43,2	42,8	42,3	41,9	41,5	40,8	40,5	40,5	40,2	40,2	40,3	40,4	39,7	39,4	39	38,8	38,8	38,5	38,5	38,8	38,5				
TRGO	34,5	34	33,8	32,7	32	32,1	32	31,8	31,4	31,1	31	31,2	30,7	31	30,1	29,8	29,7	30	29,4	29,2	29,1	29,5	29	28,6	28,6				
DTRO	38,2	37,4	37,2	37,5	36,4	36,7	36,6	35	35,4	35,1	34,3	34,4	34,3	34	34	33,7	33,8	33,5	33,2	32,8	32,7	32,8	32,9	32,6	32,4				
MRSO	35,2	36,5	36,6	37,8	37,2	35,4	34,8	36,2	36,8	35,6	39,3	31,3	32,7	32,4	32,9	31,5	31,5	32,4	32,6	32	32,6	34,1	33,1	31,6	1,4	1,6			
GRZO	36,7	35,6	35,1	34,3	35,3	34,9	36,6	38,1	39,8	37,3	38,7	34,8	36,6	36,3	35,5	34,9	37,8	36	36,2	42,1	42,1	37,6	34,4	35	35,5	4,9	1,8		
HAY	38,7	36,7	36,3	35,7	35,3	37,4	41,7	39,4	34,7	33,3	40,1	33,6	36,8	35,8	35,9	33,2	34,1	34,8	35,8	35,4	33,7	33	33,4	34	32,8	4,3	3,2		
ARNO	31,4	31,4	33,6	35,8	36,7	36,9	37,4	37,3	36,7	35,3	35,3	35,8	35,4	35,6	35,6	34,3	34	33,8	34,2	35	34,7	34,3	33,8	33	33,5	0,5			
WIWO	36	34,1	33,3	33,8	33,5	33,5	33,7	33,3	33,2	33	32,5	32	32,1	31,8	31,6	31,9	31,7	31,7	31,2	31	31,3	31,3	30,5	30,1	30				
FOR	28,9	28,7	28,8	28,6	28,5	28,4	28,3	28	27,9	28,1	28,2	27,8	28	28	27,9	27,9	27,7	27,8	27,7	27,7	27,6	27,5	27,2	27,2	27,1	0,2			
LBCO	34,5	34,1	33,6	33,3	33,2	33,2	32,9	32,8	32,7	32,5	32,4	32,1	31,9	31,6	31,6	31,2	31,2	31,3	30,8	31	31	30,4	30,5	30,1	30				
AGA	37,1	36,4	36	36,2	35,6	34,2	34,6	35,2	35,6	35	34,5	34,5	34,8	34,8	34,6	33,9	34,1	34	33,7	32,9	32,5	32,1	31,6	32,1	31,3	1,4	0,3		
FIS	36,3	36,4	36,1	35,7	36,5	35,7	36,3	37,3	38,1	36,8	36,9	36,8	35,9	35,7	35	35,3	36	35,8	36	36,2	36,9	38,2	35,9	36,6	35,2	2,4	1		
GILO	38,8	39,4	38,6	39,4	38,3	39,1	39,5	40,4	38,7	38,4	38,1	37,2	37,3	36,5	37,9	39,7	46,2	44,2	39,9	42,2	39,5	40,8	39,7	39,9	39,3	1,3	9,7		
MDFO	42,6	42,8	37,4	36,6	40,1	39,3	41,9	35,5	34,6	35,9	37,1	36,9	35	35,4	38	33	33,3	35,6	35,9	34,6	34,8	33,7	33,8	33,5	33,8	2,6	3		
HPD	29,3	29,1	29	29,1	29	29,2	29,1	29,1	29	28,9	28,9	28,7	28,5	28,8	28,6	28,4	28,5	28,4	28,1	28,1	28,5	28	28	28	27,5	0,3			
HPWO	33,3	32,7	33,1	32,7	32,2	32,7	32,8	32,2	31,7	32,1	31,1	31	31,2	30,9	31,1	30,7	31	30,4	30,4	30,5	30,1	30,5	30,3	30,1	29,8				
HYA	38,6	44,6	42,2	41	38,2	39,5	35	36,8	36,2	35,9	35,6	33,4	33,5	34,1	33,6	33	33,2	33,9	33,8	34	34,3	33,6	33	32,8	32,7	1,8	0,7		
KFLO	33,2	32,2	31,8	32,6	31,2	30,4	32,5	32,5	32	30,5	31,2	31,6	31,6	30	33	33,4	33,4	33,2	33,3	30,8	31,1	30,9	31,6	32,3	31,9	3,4			
EMI	44,3	44	43,1	41,5	41,1	41,3	40,3	40,6	41,6	42	41,8	42,8	41,4	41,7	41,3	40,7	40,1	38,8	39,6	39,7	39,2	38,4	53,6	55,2	56,5	1,3	0,3		
GSPO	49,1	48,6	47,2	47,5	48,5	47	46,5	47,6	47,1	47,2	44,7	43,5	41,2	46,2	47	46,7	45,9	45,4	45,7	45,8	45,5	45,3	44,6	43,3	1,1	5,8			
HPCO	33,5	33,7	34,3	34,3	34,1	34,3	34,7	34,1	33,9	33,8	33,7	33	33,3	33,8	32,7	33,2	33,3	32,7	32,8	32,9	32,2	32,2	32,1	31,8	31,9				
LORO	28,3	29,2	30,7	28,5	28,1	27,1	27	27,8	28,2	27,2	26,9	27,5	27,1	26,1	25	25,6	25,8	26,3	27,6	25,2	25,2	25,7	26,7	23,1	23,6	0,8	0,8		
CEDC	36,7	37,8	37,2	38,3	35,4	37,7	33,6	35,2	33,9	34	33,6	36,8	36,3	34,5	34,4	36	36,2	32,3	31,5	33,8	33,3	33,8	35,1	33	28,5	1,6	1,8		

Таблица 4

Результаты анализа событий

Дата	SC	$+\Delta t_{\max(\text{SC})}^0(\text{UT})$	$L\Delta t_{\max(\text{SC})}$	D_{St}	$+\Delta t_{\max}^0 D_{\text{St}}$	$L\tau(+\Delta t_{\max}^0) D_{\text{St}}$	Станции
31.03.01	00:51 UT/17:51 LT	2,6	18:30 (30.03.01)	04-05 UT/21-22 LT	0,3	21:15 (30.03.01)	IDFI
23.05.02	10:49 UT/3:49 LT	1,1	04:30	12-13 UT/5-6 LT	1,7	05:30	FOR
01.08.02	05:09 UT/22:09 LT	1,1	22:15 (31.07.02)	06-07 UT/23-24 LT	0,9	23:45 (31.07.02)	FOR
22.01.04	01:36 UT/17:36 LT	0,6	17:45 (21.01.04)	06-07 UT/22-23 LT	2,7	22:45 (21.01.04)	LORO
05.12.04	07:45 UT/ 23:45 LT	0,9	23:45 (04.12.04)	5-6 UT (06.12.04)/ 21-22 LT (05.12.04)	2,0	23:45 (05.12.04)	ISL
15.05.05	02:38 UT/20:38 LT			6-7 UT/0-1 LT	1,4	00:45 (14.05.05)	AFTY
10.07.05	03:36 UT/21:36 LT			08-09 UT/2-3 LT	1,5	02:30	AFTY
24.08.05	06:13 UT/23:13 LT	1,2	23:15 (23.08.05)	9-10 UT/2-3 LT	10,9	03:00	EURN
07.08.06	00:35 UT/18:35 LT	0,2	18:45 (06.08.06)	4-5 UT/22-23 LT	1,7	22:45 (06.08.06)	AFTY
20.07.07	06:17 UT/00:17 LT	2,3	00:45	09-10 UT/3-4 LT	3	03:45	AFTY
28.05.08	02:24 UT/20:24 LT			7-8 UT/1-2 LT	0,8	01:30	AFTY
28.05.09	05:10 UT/22:10 LT			10-11 UT/3-4 LT	3,0	03:45	ISL
05.04.10	08:26 UT/01:26 LT	0,5	01:45	9-10 UT/2-3 LT	0,5	02:00	ISL
28.05.10	02:57 UT/19:57 LT	1,8	20:45 (27.05.10)	22-23 UT/15-16 LT	1,0	15:45	ISL
29.03.11	16:02 UT/09:02 LT	2,4	09:45	01-02 UT (30.03.11)/18-19 LT	1,8	19:15 (29.03.11)	ISL
06.04.11	09:33 UT/02:33 LT	3,3	02:45	11-12 UT/4-5 LT	1,3	05:30	ISL
18.04.11	06:52 UT/23:52 LT	0,3	00:00 (17.04.11)	13-14 UT/6-7 LT	1,6	06:15	ISL
17.09.11	03:43 UT/20:43 LT	1,4	21:15 (16.09.11)	9-10 UT/2-3 LT	1,4	03:15	ISL
05.10.11	07:36 UT/00:36 LT	1,2	00:30	09-10 UT/2-3 LT	0,6	02:15	ISL
22.01.12	06:11 UT/22:11 LT	1,0	23:00 (21.01.12)	12-13 UT/4-5 LT	6,3	05:45	ISL
23.04.12	03:20 UT/20:20 LT	0,7	21:00 (22.04.12)	19-20 UT/12-13 LT	4,5	13:30	ISL
17.03.13	05:59 UT/22:59 LT	0,9	23:45 (16.03.13)	8-9 UT/1-2 LT	5,7	04:30	PALI
23.02.14	07:04 UT/23:04 LT	0,6	23:30 (22.02.14)	11-12 UT/3-4 LT	1,7	04:00 (23.02.14)	EURN
10.11.14	02:20 UT/18:20 LT	1,6	19:15 (09.11.14)	08-09 UT/00-01 LT			PALI
07.01.15	06:14 UT/22:14 LT	1,7	23:15 (06.01.15)	08-09 UT/00-01 LT	18,1	03:00 (07.01.15)	EMI
26.01.15	08:25 UT/00:25 LT	0,4	01:45	08-09 UT/00-01 LT	0,4	01:45	PALI
17.03.15	04:45 UT/21:45 LT	0,6	22:00 (16.03.15)	07-08 UT/00-01 LT	0,9	00:30 (17.03.15)	RPTI

Выводы

1. Выявлено ранее неизвестное явление кратковременного роста температуры приземного слоя воздуха во время начала магнитной бури, что подтверждено результатами статистических наблюдений.

2. При современном состоянии техники данное явление проще наблюдать на ночной стороне Земли, т. к. приращение температуры воздуха на дневной стороне совпадает с суточным ходом.

3. Явление кратковременного роста температуры приземного слоя воздуха во время магнитной бури с внезапным началом может быть обнаружено при максимальном временном разрешении не более 15 мин.

4. Данная работа написана на основании анализа результатов наблюдений нескольких десятков событий. Для получения статистических оценок событий и связи между ними требуется проведение более детального изучения обнаруженного явления. Проведение таких исследований запланировано авторами в дальнейшей работе.

Литература

1. Апсен А.Г., Канониди Х.Д., Чернышева С.П., Четаев Д.Н., Шефтель В.М. Магнитосферные эффекты в атмосферном электричестве. – М.: Наука, 1988. – 150 с.
2. Бендзилет О.И., Чернышева С.П., Шефтель В.М. Вариации атмосферного электрического поля в высокоширотной зоне во время магнитных возмущений // Геомагнетизм и Аэрономия, 1985. Т. 25. – С. 628–632.
3. Брагин Ю.А., Коненко А.Ф. и др. О связи напряженности электрического поля в атмосфере с солнечными вспышками и геомагнитными явлениями // Вопр. ис-ния нижней ионосферы. – Новосибирск, 1972. – С. 135–139.
4. Высочина Е.С., Величко В.А., Басан С.Н. Рост температуры приземного слоя воздуха как отклик на начало геомагнитной бури // Электронный научн. жур. «Инженерный вестник Дона», 2015. №4. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2015/3477>.
5. Калгезаев В.В., Алексеев И.И., Кропоткин А.П. Магнитные бури и магнитосферные суббури [Электронный ресурс] // Космические исследования и взаимодействия космической среды с системами и материалами космических аппаратов [сайт]. URL: http://lib.sinp.msu.ru/static/tutorials/01_textbook/index-15.htm (дата обращения 10.02.2015).
6. Кузнецов В.В. 20 лекций по солнечно-земной физике (Лекция 5. Формирование магнитосферы, ее параметры, индексы активности). URL: <http://vvkuz.ru/books/L05.pdf> (дата обращения 10.03.2015).
7. Смирнов С.Э., Михайлова Г.А., Капустина О.В. Вариации квазистатического электрического поля в приземной атмосфере на Камчатке во время геомагнитных бурь в ноябре 2004 г. Геомагнетизм и аэрономия, 2013. Т. 53. № 4. – С. 532–545.
8. AgriMet Cooperative Agricultural weather Network. URL: <http://www.usbr.gov/pn/agrimet/webaghr-read.html> (дата обращения 15.04.2015).
9. Geomagnetic Equatorial Dst index Home Page. URL: <http://swdc234.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstdir/index.html> (дата обращения 19.03.2015).
10. Lysak R. L. Magnetosphere-ionosphere coupling by Alfvén waves at midlatitudes // Journal of geophysical research 2004, vol. 109, noA7, pp. A07201.1-A07201.14 (1 p.1/4).
11. Pandey S.K., Dubey S.C. Characteristic features of large geomagnetic storms observed during solar cycle 23. // Indian Journal of Radio & Space Physics. Vol. 38, December 2009, pp. 305–312.
12. Sneha Yadav, Rupesh M. Das, R.S. Dabas et all. Response of low-latitude ionosphere of the Indian region during the supergeomagnetic storm of 31 March 2001 // Journal of geophysical research. 2011 Vol. 116. Article Number: A08311.