

УДК 550.385.36

ПЛАНЕТАРНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМАГНИТНЫХ СУББУРЬ И ИХ
ОСОБЕННОСТИ В СОПРЯЖЕННЫХ ОБЛАСТЯХ

Л.Н.Яременко, Т.А.Мозговая

*Институт геофизики им.С.И.Субботина НАН Украины, пр.Палладина 32, 03680 Киев, E-mail:
mozgowa@igph.kiev.ua*

Реферат. Сопоставление магнитных суббурь на станции Академик Вернадский, в Гренландии, Японии и Новой Зеландии позволило выявить изменения амплитуд суббурь в зависимости от времени года, с максимумом местной зимой независимо от северного или южного полушария. Разница настолько велика, что наблюдается исчезновение суббурь в летнем полушарии. В пространстве можно видеть одновременное возникновение суббурь по всему земному шару и зависимость их амплитуд и формы от долготы и местных условий. Приведены характеристики магнитных суббурь по записям компонент геомагнитного поля на станции Академик Вернадский. В целом, характеристики этих суббурь относятся к среднширотному типу. Случаи приближения южной полярной струи к станции Академик Вернадский рассмотрены отдельно. Представлены результаты сопоставления суббурь, выделенных на станции Академик Вернадский и в Северной Америке. Во многих случаях видны токи разного направления на близко расположенных обсерваториях, но наблюдаются и достаточно согласованные токи в отдаленных регионах. Отмечается связь возникновения суббурь с изменением составляющих V_x и V_y межпланетного магнитного поля, его полной величины B , а также резкими перепадами скорости и давления солнечного ветра. Приведены некоторые данные относительно широтной зависимости амплитуд суббурь.

Планетарний розподіл геомагнітних суббур і їх особливості в спряжених областях. Л.Н.Яременко, Т.А.Мозгова

Реферат. Співставлення магнітних суббур на станції Академік Вернадський, в Гренландії, Японії і Новій Зеландії дозволило виявити зміни амплітуд суббур в залежності від пори року, з максимумом місцевою зимою не залежно від північної чи південної півкулі. Різниця настільки велика, що спостерігається зникнення суббур в літній півкулі. В просторі можна бачити одночасність виникнення суббур по всій земній кулі і залежність їх амплітуд і форми запису від довготи та місцевих умов. Наведені характеристики магнітних суббур за записами компонент геомагнітного поля на станції Академік Вернадський. У цілому, характеристики цих суббур відносяться до середньширотного типу. Випадки наближення південного полярного струменя до станції Академік Вернадський розглянуті окремо. Наведені результати співставлення суббур, виділених на станції Академік Вернадський та в Північній Америці. В багатьох випадках видно струми різного напрямку на близько розташованих обсерваторіях, але спостерігаються і досить узгоджені струми у віддалених регіонах. Відмічається зв'язок виникнення суббур із змінами складових V_x та V_y міжпланетного магнітного поля, його повної величини B , а також різкими перепадами швидкості та тиску сонячного вітру. Наведені деякі дані відносно широтної залежності амплітуд суббур.

Planetary distribution of Geomagnetic Substorms and their Peculiarities in conjugate places by L.N.Yaremenko, T.A.Mozgovaya

Abstract. A comparison of magnetic substorms at the station Akademik Vernadsky, in Greenland, Japan and New Zealand detected seasonal dependence of the substorms amplitude with maximum in the lokal winter regardless of a hemisphere. The differences are so great that the disappearance of substorms is observed in the opposite hemisphere in the local summer. Simultaneous appearance of substorms over the globe is observed as well as the amplitude and record form dependence on the longitude and local conditions. Some data on the latitudinal dependence of substorm amplitudes are given. Magnetic substorm characteristics obtained in the station Akademik Vernadsky are presented. In general, according to the characteristics of the substorms, they are of the mid-latitudinal type. The events of the southern polar jet approach to Akademik Vernadsky are considered separately. Examples of the same, opposed and disagreeing substorm current directions observed at Akademik Vernadsky and in North America are shown as well. The substorm origin dependence on the changes of the B_x and B_y components of the interplanetary magnetic field, its total value B and abrupt variations of the solar wind velocity and pressure is marked.

Key words: magnetic substorm, magnetosphere, latitudinal and longitudinal dependence.

1. Введение

Наблюдения в полярных широтах являются благоприятными для изучения магнитной возмущенности в основном магнитных суббурь. Известно, что магнитные суббури создаются высыпаниями энергичных частиц, поступающих из солнечного ветра в магнитосферу Земли,

относимых в хвост магнитосферы и в переработанном виде возвращающихся из хвоста в авроральные зоны на ночной стороне Земли. Так как солнечное воздействие может заключаться в приходе различных по энергии частиц, изменениях их скорости, плотности, а также колебаниях полного межпланетного поля B и отдельных его составляющих B_z , B_x , B_y , то все это приводит к изменениям магнитосферных и ионосферных условий на Земле и различным влияниям индуцированных суббури токов внутри Земли. Следовательно, до сих пор магнитные суббури являются далеко не исследованным явлением. При работе с суббуриями все время приходится сталкиваться с их новыми необычными характеристиками.

Если вариация Dst , обусловленная внеионосферным токовым кольцом на расстоянии 5-6 земных радиусов, максимальным образом проявляется вблизи экватора, то суббури имеют наибольшую интенсивность в зоне полярных сияний, где возникают очень интенсивные электрические токи в виде западной и восточной полярных электроструй, замыкающихся в основном через полярную шапку и частично через средние широты. Часто серия магнитных суббурь, продолжительность которых составляет 0,5-1,5 часа, (изредка до 3 часов), накладывается на вариацию Dst , продолжающуюся двое-трое суток. Интенсивность токов суббурь зависит от соотношения величин проводимости ионосферы в полярной шапке и в средних широтах, в которых она обычно бывает меньше в 10 раз (Яременко и др., 1998; Яременко и др., 1998).

В связи с вышеизложенным, после получения результатов магнитных наблюдений на полярной станции Академик Вернадский, наши усилия были сосредоточены на изучении магнитных суббурь. При этом использовались наблюдения на магнитных станциях мировой сети INTERMAGNET.

2. Результаты анализа наблюдаемых данных, характеристики суббурь

По магнитограммам станции Академик Вернадский были выделены почти все суббури за 1996 г. и некоторые другие годы, измерены их амплитуды по составляющим D , H , Z . Они в основном наблюдаются в вечерне-ночное время и предутренние часы. За весь 1996 г. днем едва заметны 3-4 суббури. Сопоставление этих данных с наблюдениями в Киеве показало, что за счет разных часовых поясов приблизительно треть от общего количества суббурь наблюдается одновременно в обоих пунктах. Соотношения амплитуд по отдельным составляющим в Киеве и Антарктике самые различные, но по среднестатистической величине амплитуд стало ясно, что станция Академик Вернадский (AIA) относится к среднеширотным станциям. Объясняется это смещением южного магнитного полюса в сторону Австралии и соответствующим смещением южной полярной шапки и южной полярной электроструи.

2.1 Асимметрия магнитных суббурь в зимне-летний период.

В связи с тем, что суббури наблюдаются в каждом часовом поясе в ночное время, т.е. существует четкая долготная зависимость, сравнивать суббури в северном и южном полушариях можно только по отдельным часовым поясам. По широте следовало бы выбирать обсерватории, расположенные под одной и той же L-оболочкой. Из имеющегося материала наиболее соответствовали этим условиям обсерватории Эрвелл (EYR) в Новой Зеландии и Какиока (КАК) и Мемамбецу (ММВ) в Японии, по данным которых кроме известной долготной вариации четко выделился сезонный ход. Соотношения амплитуд D по сумме одних и тех же суббурь представлены в табл. 1. Обсерватория EYR ближе к южному магнитному полюсу, чем ММВ к северному, поэтому все амплитуды в EYR больше, чем в ММВ. Разницы между положительными и отрицательными суббуриями не видно, но изменение по сезонам вполне существенно. Одни и те же суббури имеют большую интенсивность местной зимой. Это может быть объяснено наклоном земной оси и направлением хвоста магнитосферы в плоскости эклиптики. Энергия из хвоста легче проникает в зимнее полушарие. По предварительным данным можно судить, что изменение компоненты B_x ММП влияет на

отношения амплитуд суббурь в EYR/MMB: при уменьшении V_x упомянутое соотношение увеличивается. Многим суббурям в EYR нет аналогов в Японии северным летом.

Следовательно, амплитуды суббурь зависят от времени года и бывают максимальными местной зимой как в северном, так и в южном полушариях. Связано это с геометрией наклона земной оси и направления хвоста магнитосферы. Для определения особенностей протекания суббурь в северном и южном полушариях исследования необходимо проводить в период равноденствия.

Таблица 1. Средние амплитуды D суббурь и их отношения по данным обсерваторий Ервелл, Какиока и Мемамбецу

Амплитуды суббурь и их отношения			Равноденствие			Северная зима			Южная зима		
			EYR	KAK	MMB	EYR	KAK	MMB	EYR	KAK	MMB
Средние амплитуды	+бурхты		+3',6	+1',4	+2',4	+3',8	+0',9	+1',6	+3',3	+0',9	+1',2
	-бурхты		-4',4	-1',1	-3',0	-2',0	-0',5	-0',8	-3',9	-0',7	-1',2
Отношение	EYR/MMB	+бурхты	1',5			2',4			2',7		
		-бурхты	1',5			2',5			3',2		

Построения токовых систем по этому небольшому количеству обсерваторий показали, что токовые системы магнитных суббурь исключительно разнообразны. Подбирая суббури, зарегистрированные приблизительно в одно и то же время, но в разные сутки можно видеть разнонаправленные векторы тока на близко расположенных обсерваториях, но наблюдаются и достаточно согласованные токи в отдаленных регионах (рис. 1-3).

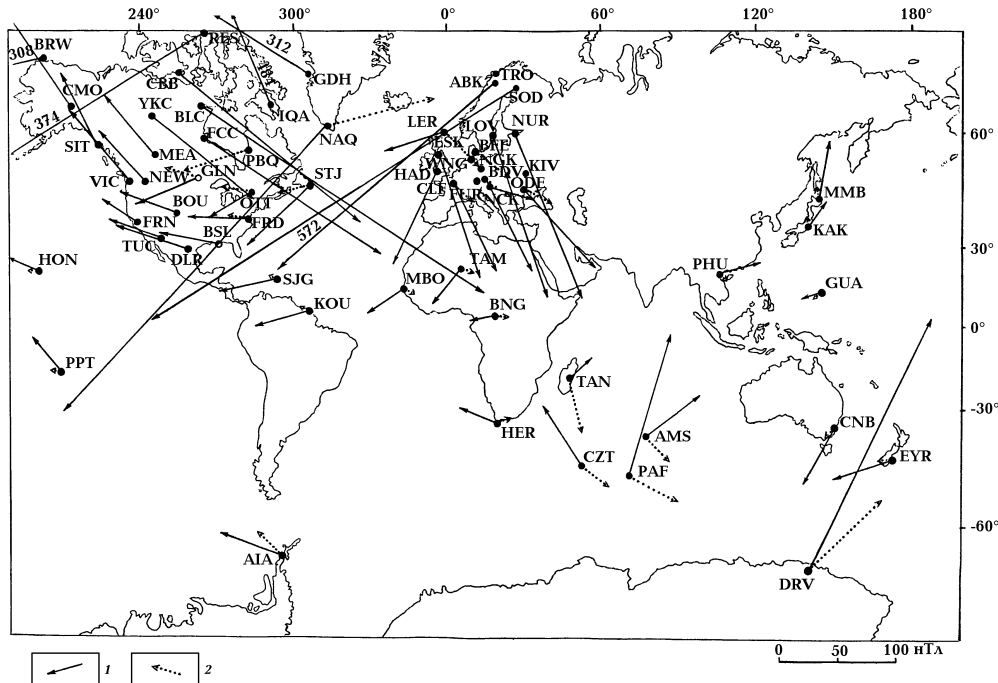


Рис.1 Направление токов магнитных суббурь в 20-21ч UT 15.09.1996г. (1) и 23.04.1996г. (2). При векторах тока, выходящих за пределы чертежа, подписана интенсивность магнитного поля в нанотеслах.

Магнитосопряженная точка станции Академик Вернадский, как было уже сказано в (Baker et al. 1998), является Сан-Джонс. По сопоставлению амплитуд суббурь в этих двух пунктах сопряженность не вполне очевидна (табл.2). Суббури выбирались в различные времена суток. Величины D приведены в минутах, а Y – в нТл, при обычном соответствии 1 мин – 7-8 нТл. Н и X отличаются по величине на 10-15%. Не зависимо от времени суток, соотношения имеют большой разброс.

Таблица 2. Отношение амплитуд суббурь на станциях Академик Вернадский и Сан-Джонс.

UT	H/X	D/Y	Z
01 ⁰⁰ -02 ⁰⁰	-11/+8	-0,8/+6	-5/-7
02 ⁰⁰ -05 ⁰⁰	-18/+19	0/+19	-5/-26
05 ¹⁵ -07 ³⁰	-32/-15	-9,5/+50	-32/-60
17 ¹⁰ -17 ⁵⁰	+16/+11	+0,9/-12	+3/+18
05 ⁴⁰ -07 ⁰⁰	+17/-13	+4,5/-21	-17/-21
20 ⁰⁰ -21 ⁰⁰	-18/-11	0/+19	-6/-21
23 ⁰⁰ -24 ⁰⁰	-26/-12	-2,8/+25	0/-9
01 ⁴⁰ -03 ⁰⁰	+86/-78	+18,6/-126	-47/-107
04 ²⁰ -05 ²⁰	+63/-46	+10,7/-58	+30/-5
05 ³⁰ -07 ⁰⁰	-17/-13	+2,1/-40	+21/-80
20 ⁵⁰ -21 ⁵⁰	-33/-31	-7,7/+58	-12/-40
22 ⁵⁰ -23 ³⁰	-34/-21	-3,5/+42	-9/-32

Таблица 3. Направление тока суббурь на станциях Академик Вернадский и Сан-Джонс.

Академик Вернадский	Те же суббури на Сан-Джонс					Всего
	С-3	Ю-3	С-В	Ю-В		
С-3	37	3	22	1	11	
Ю-3	17	12	3	2	0	
С-В	13	2	1	4	6	
Ю-В	15	9	0	5	1	
Всего	82	26	26	12	18	82

со станцией Академик Вернадский была определена между FRD и ОТТ.

Суббури в период слабой геомагнитной возмущенности исследовались по наблюдениям в Гренландии (Нарсарсуак NAQ) за 1996 г, в Канаде (Сан-Джонс STJ, Пост-де-ля-Белейн RBQ), частично в Европе (Брорфельде BFE, Шамбон-ля-Форе CLF) и на островах Индийского океана, близких к Антарктиде (Порт Альфред CZT, Порт-о-Франс PAF, Мартин-де-ля-Вивье AMS). Прослеживание одной и той же суббури по всем этим обсерваториям показало, что в общем суббуря возникает одновременно по всей Земле, но при сопоставлении записей отдельных обсерваторий можно видеть изменения формы записи во времени. Ток постепенно захватывает близлежащие районы, частично меняя направление и интенсивность в зависимости от состояния ионосферы и проводимости Земли. Смещение максимумов суббурь на соседних обсерваториях может достигать до 1-1,5 часов. Если суббуря имеет вид максимума с последующим минимумом, то на соседней обсерватории она может иметь два максимума с минимумом между ними.

Широтные изменения амплитуд суббурь до некоторой степени могут характеризоваться средней величиной суббурь на данной станции. Для этого были выбраны 38 суббурь,

В табл.3 приведены направления токов магнитных суббурь без особой детализации, а только по 4 направлениям. Видно, что на станции Академик Вернадский преобладают токи северо-западного направления, которым соответствуют юго-западные токи на STJ. Юго-западным токам на AIA чаще всего соответствуют северо-западные на STJ, но отклонений достаточно много, что говорит о неустойчивости и изменчивости токовых систем магнитных суббурь.

В работе (Яременко и др., 2004), сделан вывод, что по магнитным суббурям нельзя выделить сопряженные точки в северном и южном полушарии, а только сопряженные области, узкие по широте и протяженные по долготе, которые могут передвигаться вдоль меридиана в зависимости от геомагнитной активности. В Северной Америке сопряженная область

наблюдавшихся одновременно в 9 пунктах в течение равноденственных месяцев. Наибольшие амплитуды наблюдаются в PVQ (184нТл) и NAQ(180 нТл), которые часто находятся под влиянием северной полярной струи. При снижении магнитной активности они оказываются среднеширотными. Из среднеширотных близкими к полярным являются STJ (средние амплитуды суббурь 30 нТл), VFE (35 нТл), AIA (28 нТл), PAF (40 нТл). Ближе к экватору амплитуды снижаются - в CZT и AMS - 21 нТл, еще экваториальнее в Тананариве (TAN) 15нТл.

Суббуря 15 сентября 1996 г. в районе полудня на севере в NAQ по H-компоненте видна как отрицательная, в средних широтах (MMB, KAK) она преобразуется в положительную, благодаря изменению направления ее тока. Ближе к южным полярным широтам в EYR она больше положительная, чем отрицательная, а в AIA вновь меняет направление, в этом случае из-за большой разности долгот (рис. 2). На этом рисунке следует обратить внимание на разные масштабы записей по отдельным обсерваториям. По составляющей Y эта суббуря на севере видна как большой скачок, вернее падение величины поля. В средних широтах это очень четкая суббуря на спокойном фоне. В южном полушарии в EYR она началась значительно раньше. В AIA видны предшествующие этой суббуре отрицательные изменения поля, а положительный ее пик совпадает с отрицательным пиком в EYR. По Z-компоненте эта суббуря видна также по всему миру. Однако наиболее четко она выделяется в MMB и в AIA.

В этот же день в 20-21ч наблюдалась довольно интенсивная суббуря, проявившаяся почти во всех долготных поясах, от EYR до станции Академик Вернадский. На севере в NAQ на фоне большой положительной суббури в ее максимуме возник отрицательный прогиб, который в Японии проявился как положительная суббуря, а в EYR и AIA - как отрицательная суббуря. Наложение более продолжительной и кратковременной суббурь можно видеть и в записи Y. В южном полушарии материала настолько мало, что из 8 суббурь, представленных на этом рисунке, ни по одной не видна зона высыпания. Обсерватории на островах показывают разные направления токов во время суббурь, зарегистрированных в одно и то же или близкое время.

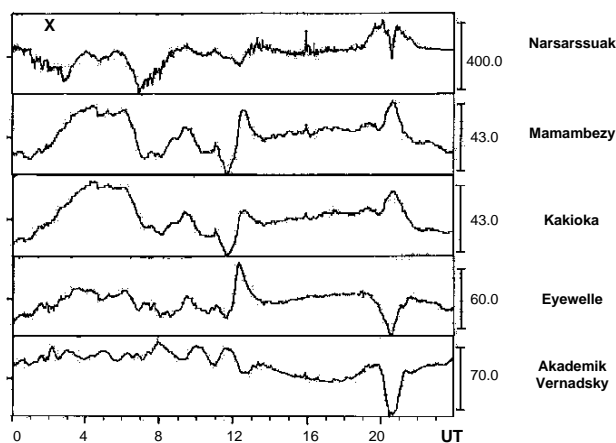


Рис. 2 Магнитная суббуря 15 сентября (20-21ч UT)1996г (X-компонента)

По достаточно интенсивным ночным суббурям 12, 21.03.1996 и 24.04.1996 гг. (рис.3) зону высыпания можно предполагать в районе Исландии. Токи растекания в средние широты в Европе и в южной части Индийского океана направлены в сторону экватора к местному полдню, но PAF и AMS показывают противоположное направление тока.

Суббури во время бурь нами были рассмотрены на примере следующих событий: 23.09.1996 г. (9.20-10.30 UT) на станции Академик Вернадский зарегистрирована

отрицательная по X и положительная по Y и Z суббуря. Над станцией тек небольшой ток, характерный для средних широт.

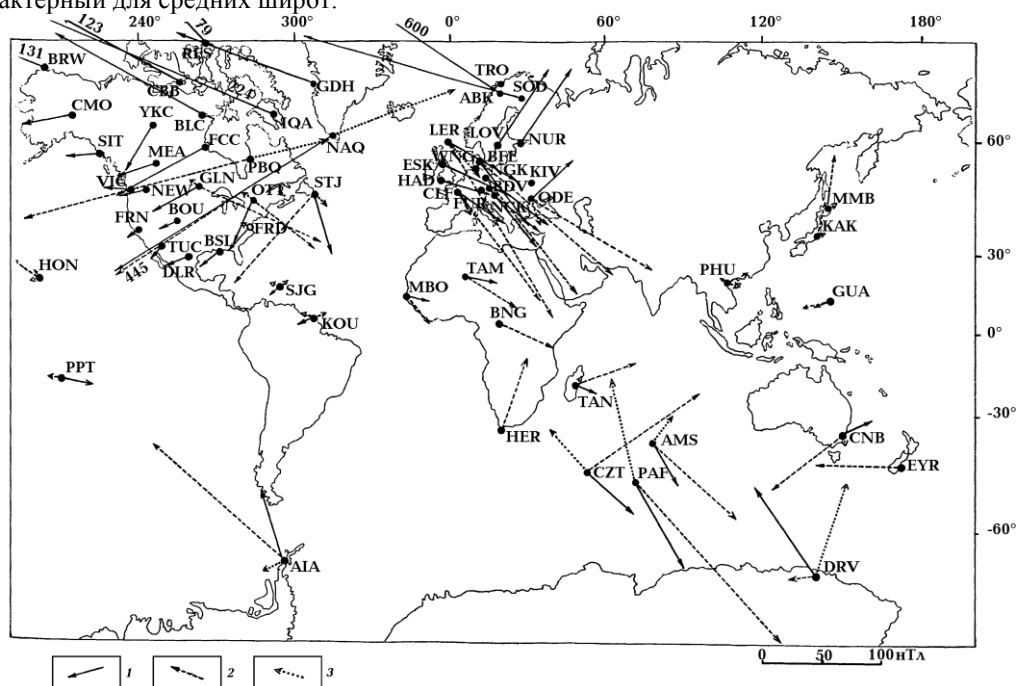


Рис.3. Направление токов магнитных суббурь: (1) - 12.03.1996 (22 UT); (2) – 21.03.1996 (21 UT); (3) - 24.04.1996 (20-21 UT).–

По величинам X и Y на карте в прямоугольной проекции строился вектор направления магнитного поля во время суббури и с поворотом на 90° по часовой стрелке – вектор тока, создавшего данную суббурю. Т.к. составляющие X и Y реагируют на токи в стороне от станции регистрации, а Z – только на ток над или индуцированный под станцией, то величина изменения Z характеризует токи в месте регистрации. Изменение записи данной суббури по широте можно видеть в целом ряде обсерваторий на довольно большом расстоянии от Антарктического п-ва до Новой Зеландии (рис.4а). На таком расстоянии суббури могут быть прослежены только при возмущенной магнитосфере, во время магнитных бурь. Непосредственные записи приблизительно вдоль одного меридиана представлены на рис. 4б. С графиков видно, что суббуря была более интенсивной в северном полушарии, максимальная амплитуда в OTT и STJ, следовательно северная полярная струя сдвинулась далеко в средние широты. На юге южная полярная струя не дошла до AIA, но видно ее влияние в ослабленном виде. При сравнении AIA и BSL видно, как ток одного направления (-X) меняется на противоположное (+X). В BSL и SJG отрицательная часть почти исчезла и может быть выделена только по сопоставлению с другими обсерваториями. Но севернее в FRD хорошо видны и положительная и отрицательная части суббури. Еще севернее в OTT видна только отрицательная часть. Эта суббуря хорошо видна в Европе, ток направлен на юго-запад с возвратом в полярные широты на востоке Северной Америки.

10.09.1996 г (3.00 UT) интенсивная суббуря в AIA видна по всем трем составляющим. Ее вектор показывает четкое зеркальное отображение с векторами в FRD и OTT. В Северной Америке видно растекание тока во все стороны в средних широтах и видна полярная струя. Юго-восточный ток из восточной части Северной Америки через Атлантический океан замыкается в Европе, где он направлен на северо-восток. В южном полушарии можно предположить вихрь тока над южной частью Атлантического океана. В AIA ток направлен на северо-восток и замыкается он на юге Индийского океана (TAN, AMS, PAF). Весь день 10

сентября происходили суббури. Если сравнить записи в AIA и FRD, то видна почти их идентичность, что доказывает симметрию различных токовых вихрей в разных полушариях. Но если сравнить записи в FRD и STJ, то видны и однообразие (суббури в 3.00, 13.00, 19.00 UT) и различия в направлениях токов (суббури в 7.00, 10.00 UT). Токи суббурь закручены в вихри и небольшая разница в долготах между FRD и STJ, равная двум часам, сказалась в различных направлениях векторов на этих обсерваториях в утреннее время. Вместе с тем можно видеть указанные суббури на таких удаленных обсерваториях как CZT и EYR. Некоторые суббури могут исчезать, вернее, уменьшать амплитуду до исчезновения, например суббуря в CZT в 6.00 UT, но в основном суббури на больших расстояниях меняют форму и время максимума.

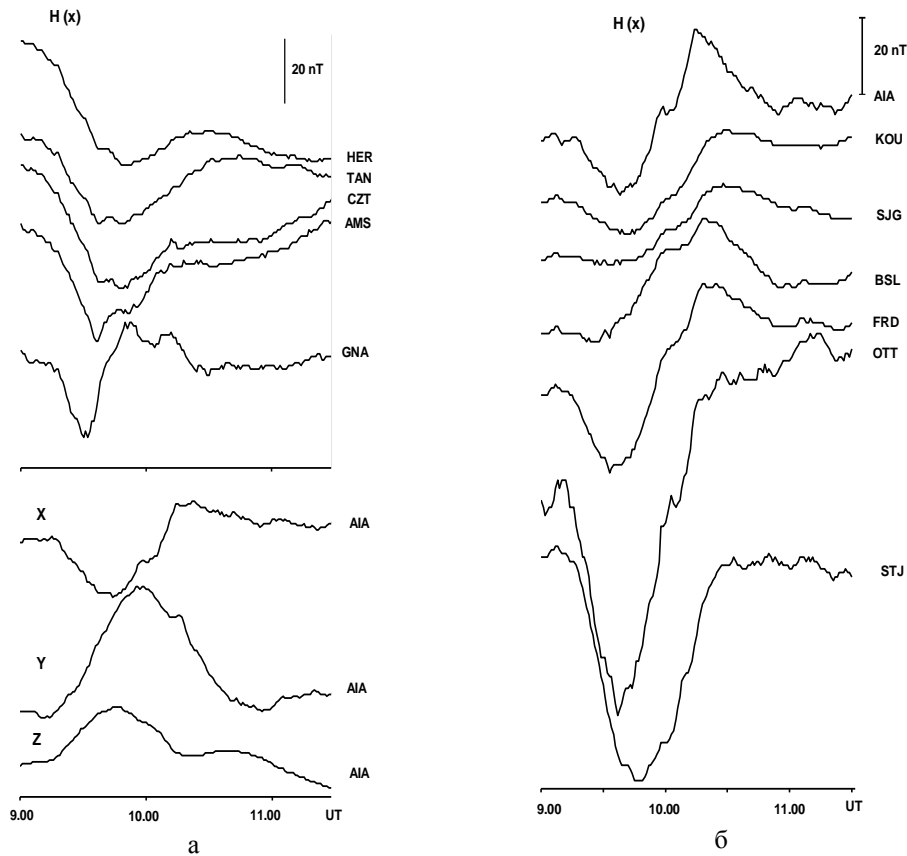


Рис. 4. Запись суббури 23.09.1996г. в 9.20-11.00 UT: на различных долготах (а), на меридиане станции AIA (б).

31.03.2001г суббуря в 6.00-8.00 UT видна по всему миру (табл.4). Увеличение амплитуд в обоих полушариях идет к полярным широтам. Значение H в средних широтах положительные, а в полярных – отрицательные. Это еще один случай, когда действие южной полярной струи обнаружилось в LIV и AIA. В межпланетном пространстве в 6.00 UT увеличилась скорость солнечного ветра, давление и концентрация ионов, увеличилось поле B , видно резкое кратковременное уменьшение B_x и такое же увеличение B_y и B_z . Причем B_z из отрицательного -22 нТл стало $+22$ нТл. В Америке это предутренняя суббуря, а в Австралии дневная. Но в CNB все же значения ее амплитуды очень большие. Очевидно, если суббуря

обусловлена не только изменениями ММП, но и колебаниями в корпускулярном потоке, то она наблюдается по всей Земле, а не только в ночном секторе.

Таблица 4. Амплитуды Н–составляющей во время суббури в 6.00-8.00 UT 31.03. 2001г.

Название станции	φ	λ	Амплитуда, нТл
HON	21.316	202.0	+15
PPT	-17.566	210.416	+90
SJG	18.116	293.85	+120
KOU	5.100	307.400	+100
HUA	-12.050	284.666	+180
VSS	-22.400	316.350	+115
TRW	-43.268	294.618	+180
LIV	-62.666	299.600	-900
AIA	-65.250	295.733	-670
TAM	22.790	5.533	+110
MBO	14.390	343.040	+90
BNG	4.433	18.566	+115
TSU	-19.200	17.583	+105
PHU	21.033	105.966	+110
CNB	-35.309	149.358	+190

Длительные полярные возмущения, представляющие собой повышение поля Н–составляющей в течение 5-8 часов и связанные с влиянием поля Dst, иногда могут наблюдаться в полярных областях, наряду с обычными суббуриями небольшой продолжительности. Ток из внеионосферного кольца может проникать в полярные области и создавать увеличение поля Н (Яременко, Мельник, 2004). На такие длительные полярные возмущения, так же как и на Dst накладываются суббури продолжительностью 1-3 часа. Наложившиеся на Dst суббури, создают полярными струями с затеканием части тока в средние широты и даже его усилением в зоне магнитного экватора на дневной стороне Земли. Примером таких наложенных суббурь на длительное полярное возмущение являются события 25.09.1998г. (5.00-10.00 UT), 4.05.1998г. (4.00-8.00 UT). Как в первом, так и во втором случае наблюдались резкие пики суббурь небольших периодов, связанные с непрерывными колебаниями V_x , V_y , V_z , электронной температуры, плотности и скорости. Суббурия в 19-20 UT 7.09.2002г. связана с возрастанием V_z в 19 UT и переходом ее из отрицательной в положительную. Суббурия с максимумом в 23 UT в этот же день последовала за изменениями V_x от отрицательных к положительным значениям, V_y от положительных к отрицательным и вновь к положительным, а также уменьшением отрицательной компоненты V_z .

Кратковременные импульсы типа суббурь наблюдаются в ограниченных областях высоких широт: например, в 7.00 UT 15.05.1997г. в BRW амплитуда суббури равнялась -1800нТл, вектор тока направлен на юго-запад. Неподалеку в СМО амплитуда уменьшилась до 200нТл, ток направлен на юго-восток. В СВВ амплитуда 200нТл, ток на северо-запад. Южнее в FCC это продолжительная двухчасовая суббурия с амплитудой -800нТл и током на юго-запад. То же и в PBQ. В BLC и IQA это серии кратковременных суббурь с такими же амплитудами и током соответственно на северо-запад и юго-восток. В УКС – это продолжительная суббурия, искаженная кратковременными колебаниями. Южнее в Северной Америке это суббурия с 6.00 до 9.00 UT. В AIA в это время наблюдалась суббурия среднеширотного типа с 6.30 до 9.00 UT с током на северо-восток.

Таким образом, можно видеть, как резкие быстрые колебания в 1000нТл и больше в авроральной зоне превращаются в более плавные изменения поля в средних широтах и существуют сравнительно продолжительное время.

3. Основные выводы:

- Магнитные суббури в северном и южном полушариях имеют аналогичные характеристики в период равноденствия, что важно при определении сопряженности суббурь.
- Токовые системы магнитных суббурь характеризуются резкой изменчивостью.
- На станции Академик Вернадский в большинстве случаев регистрируются суббури среднеширотного типа, но во время больших магнитных бурь южная полярная струя может настолько смещаться на север, что проходит над станцией. В этом случае суббури в АІА имеют величины порядка 1000нТл. Такие случаи зарегистрированы 31.03.2001 и 4.05.1998г.
- По сопоставлению амплитуд магнитных суббурь на станциях Академик Вернадский и Сан-Джонс их сопряженность не вполне очевидна.
- Магнитные суббури лучше проявляются по всему миру, если они обусловлены изменениями в солнечных электронных или ионных потоках. Суббури, возникшие за счет изменений в ММП, в основном концентрируются на ночной стороне Земли и едва видны на дневной стороне.
- Во время сильных магнитных бурь влияние полярной струи возможно на широте ОТТ (случай 11.04.2001г, амплитуда +950нТл).
- В авроральных зонах токи резко и быстро (за минуты) меняют свое направление, в средних широтах в это время наблюдаются плавные записи суббурь продолжительностью 1-2 часа.
- Для исследования закономерности протекания суббурь в северном и южном полушариях, для определения областей сопряженности не имеет значения на каком фоне выбираются суббури: на магнитоспокойном, во время бурь или во время длительных полярных возмущений.

Литература

- Яременко Л.Н.**, Мищенко Ю.П., Мозговая Т.А. Вариации магнитного поля в полярных областях // Геофиз. жур. - 1998. - 20, №6. - С.40-44.
- Яременко Л.Н.**, Бахмутов В.Г., Мищенко Ю.П. Некоторые данные о магнитных суббурях в Антарктике // Бюл. Укр. антарк. цент. - 1998. - Вип. 2. - С.133-138.
- Яременко Л.Н.**, Мозговая Т.А. Сопряженность магнитных суббурь в средних широтах северного и южного полушарий // Космічна наука і технологія. - 2004. - 10, №5\6. - С. 105-109.
- Physics of Solar-Terrestrial Phenomena from Antarctica // Report of British Antarctic Survey for the period 1 July 1988 to 31 March 1989. - P.76-83.**
- Baker K.V.**, Greenwald R.A., Ruohoniemi J.M., Dudeney J.R., Pinnock M., Mattin N., Leonard J.M. 1989 PACE. Polar Anglo-American Conjuget Experiment.
- Яременко Л.Н.**, Мельник Г.В. Магнитные бури в экваториальном поясе и полярных областях// Космічна наука і технологія. - 2004. - 10, №5\6. - С. 109-115.