

УДК 550.385

РОЛЬ ТОКОВ КАУЛИНГА И ХОЛЛА В ФОРМИРОВАНИИ ЗАПАДНОЙ АВРОРАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТРУИ

В.М. Мишин, Л.А. Сапронова, А.Д. Базаржапов, Ю.В. Кузьминых

A ROLE OF CAWLING AND HALL CURRENTS IN CREATION OF THE WESTWARD AURORAL ELECTROJET

V.M. Mishin, L.A. Sapronova, A.D. Bazarzhapov, Yu.V. Kyz'minykh

В общепринятой модели западная авроральная электроструя (AEJ-W) вблизи полуночи (разгрузочная электроструя) создается в ходе суббури как ток Каулинга в канале усиленной электропроводности ионосферы. В настоящей работе получены наблюдаемая интенсивность AEJ-W J_w и оценки вкладов, которые были созданы током Каулинга J_{cow}^* в некоторых интервалах времени и током Холла J_H^* в других. Значения J_{cow}^* и J_H^* вычислены по данным наблюдаемых продольных токов, обрамляющих AEJ-W. Сделан вывод, что разгрузочная электроструя может быть создана током Каулинга, но также током Холла, что наблюдалось даже чаще.

In the conventional model, the westward auroral electrojet near midnight is created during substorm as the Cowling current in the channel of amplified ionospheric conductivity. The observed intensity AEJ-W J_w and the estimations of contributions from Cowling current J_{cow}^* within some time intervals, as well as from Hall current J_H^* within other ones are obtained in this work. The J_{cow}^* and J_H^* values have been calculated from data on observed longitudinal currents enveloped the AEJ-W. As deduced, the AEJ-W could be caused both by the Cowling current and by the Hall current. The latter case was observed even more often.

Общепринятая модель и новые данные

В общепринятой модели [1] западная электроструя (AEJ-W) во время суббури инициируется вблизи полуночи начальным электрическим полем E^0 в канале усиленной проводимости ионосферы. Как результат, возникает западный ток Каулинга $J_{\text{cow}} = E^0 (\Sigma_p + \Sigma_H^2 / \Sigma_p)$, ответственный за AEJ-W. Однако необходимые данные о продольных токах (ПТ) не были учтены в названной модели, так как в то время их не было. Типичные примеры новых данных о ПТ показаны на рис. 1 для суббури 27.08.2001 г. [2]. Представлены данные, полученные на основе техники инверсии магнитограмм (ТИМ) [3] для моментов времени 04:01 and 04:12 UT – перед фазой расширения (expansion phase) и в начале ее.

На рис. 1, б видно, что токи Педерсена, соединяющие втекающий и вытекающий ПТ в трехмерных системах MCS-1 (meridian current system) и MCS-0, текут через AEJ-W не на запад. Можно видеть также на рис. 1, в, что электрическое поле в AEJ-W вблизи полуночи в рассматриваемые моменты направлено скорее на юг, чем на запад. Эти факты использованы при вычислении интенсивности тока Холла J_H^* в районе MCS-1 AEJ-W. Интенсивность тока Каулинга оценивалась как разность $J_{\text{cow}}^* = J_w - J_H^*$.

Уравнения модели и результаты

Обозначим интенсивность ПТ, замыкающихся поперек AEJ-W внутри MCS-1, а также долготный и широтный размеры MCS-1 символами J_{MCS}^* , L_{MCS} , и L_{NS} соответственно. Тогда плотность меридионального тока Педерсена есть $j_p^* = J_{\text{MCS}}^* / L_{\text{MCS}}$, а плотность тока Холла $j_H^* = J_H^* / L_{\text{NS}} = j_p^* k$, где $k = \Sigma_H / \Sigma_p$ и J_H^* – модельная интенсивность тока Холла. Размеры L_{MCS} и L_{NS} измерены на картах ПТ и эквивалентных токов. Обозначим также \mathbf{E} и \mathbf{B} – векторы магнитного и электрического полей. Далее, принимая предположения, очевидные из дальнейшего, имеем:

$$j_p^* = \Sigma_p E, \quad (1)$$

$$j_H^* = J_{\text{MCS}}^* / L_{\text{MCS}}, \quad (2)$$

$$E = J_{\text{MCS}}^* / (\Sigma_p L_{\text{MCS}}), \quad (3)$$

$$j_H^* = \Sigma_H [E, B] / B, \quad (4)$$

$$j_H^* = \Sigma_H E, \quad (5)$$

$$j_H^* = k J_{\text{MCS}}^* / L_{\text{MCS}}, \quad (6)$$

$$k = \Sigma_H / \Sigma_p, \quad (7)$$

$$J_H^* = j_H^* L_{\text{NS}}, \quad (8)$$

$$J_H^* = k J_{\text{MCS}}^* (L_{\text{NS}} / L_{\text{MCS}}). \quad (9)$$

Модельные значения J_H^* вычислены сначала при $k=2$. (10)

Предположение (10) – это среднее значение, полученное измерениями в ходе суббурь [4], и оно согласуется со значениями Σ_H и Σ_p в независимой модели ТИМ для рассмотренной суббури [2]. Результаты вычислений приведены на рис. 2. Значения J_w – интенсивность эквивалентных токов. Можно видеть, что значения J_w и J_H^* совпадают с точностью до 10 % в интервале 04:00–04:22 UT при $k=2$. Принимая, что диапазон вероятных значений есть $k=2 \div 4$, мы заключаем, что в наблюдаемой электроструе в названном временном интервале доминировал вклад тока Холла, а не тока Каулинга. С другой стороны, в интервале 04:24–04:30 UT невозможно получить равные значения J_w и J_H^* , выбирая значение k в диапазоне $2 \div 4$. Следовательно, в 09:15–09:24 UT основной предполагаемый вклад в AEJ-W создавал ток Каулинга.

Авторы благодарят за техническую помощь и обсуждения. Т. Сайфудинову, Ю. Караваева и М. Толочко; за обеспечение использованного материала наблюдений – команды ACE, WIND, INTERMAGNET, GIMA (Аляска, Университет), DMI (Копенгаген), ИКФИА (Якутск); Сапорус, Image, MACCS, WDC-C2; К. Yumoto (Нагойя, Университет), О. Трошичева (AARI), Е. Харина (WDC-B), Б.М. Шевцова и А. Винницкого (ИКИР); ИКФИА (Якутск); С. Хомутова (Новосибирск, обсерватория), О. Кусонского (Арти, обсерватория). Работа поддержана грантами РФФИ 05-05-65-170 и INTAS 06-100013-8823.

2001 08 27

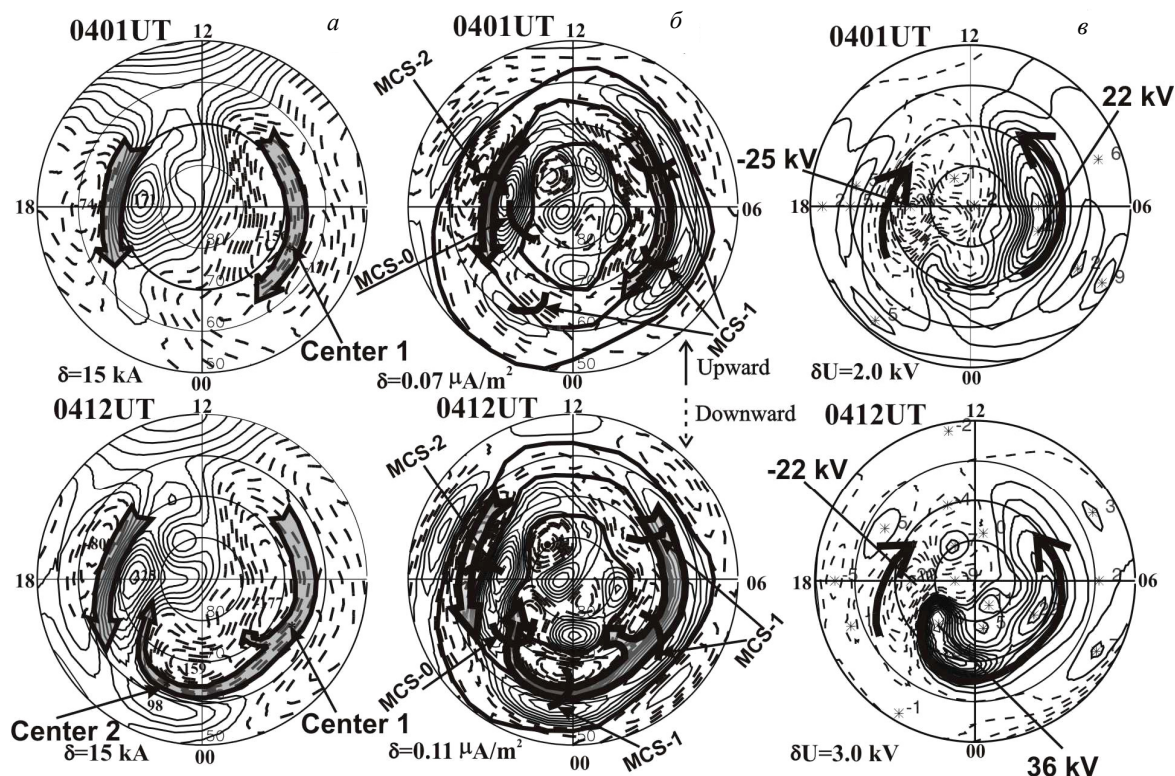


Рис. 1. Показаны карты эквивалентных токов и западная и восточная электроструи (а), также изолинии плотности ПТ (втекающие ПТ – сплошные, вытекающие – пунктирные линии) (б), и и изолинии электрического потенциала в ионосфере. На рис. 1, б снова показаны две электроструи и (толстыми черными линиями) границы зон ПТ Инджими и Потемры. Пары противоположно направленных ПТ (выше и ниже электроструй по широте) соединены толстыми дугами. Видно, что каждая пара принадлежит одной из MCS: MCS-0, MCS-1, или MCS-2. AEJ-W в 0412 UT течет внутри MCS-1 и MCS-0.

27.08.2001

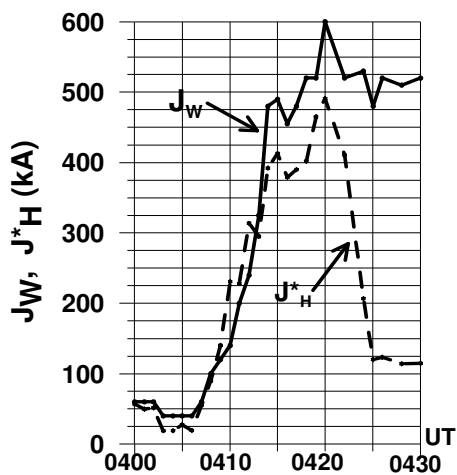


Рис. 2. Наблюдаемая интенсивность западной электроструи J_w и модельная интенсивность J^*_H .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bostrom R. Mechanisms for driving of Birkeland currents // Physics of the hot plasma in the magnetosphere / Eds. B. Hultqvist, L. Stenflo. New York: Plenum Press, 1975. P. 431.
2. Mishin V., Pu Z., Saproнова L., et al. Plasma sheet and tail lobe reconnection for events of August 27, 2001: A fresh look // J. Geophys. Res. 2007 (submitted).
3. Mishin V.M. The magnetogram inversion technique and some applications // Space Sci. Rev. 1990. V. 53. P. 83.
4. Kamide Y., W. Baumjohann, Magnetosphere-Ionosphere Coupling. Springer-Verlag, 1993.

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск