

**СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ СРЕДНЕШИРОТНЫХ СИЯНИЙ,
НАБЛЮДАЕМЫХ В РЕГИОНЕ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ ВО ВРЕМЯ МАГНИТНЫХ БУРЬ
27 ФЕВРАЛЯ 2014 г. И 17 МАРТА 2015 г.**

С.В. Подлесный, А.В. Михалев

**SPECTROPHOTOMETRY OF MID-LATITUDE AURORAS IN EASTERN SIBERIA DURING
FEBRUARY 27, 2014 AND MARCH 17, 2015 MAGNETIC STORMS**

S.V. Podlesny, A.V. Mikhalev

В работе исследуются фотометрические и спектральные характеристики среднеширотных сияний, наблюдаемые в регионе Восточной Сибири, во время магнитных бурь 27 февраля 2014 г. и 17 марта 2015 г. Используются оптические и спектральные данные, полученные в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН при помощи широкоугольной цветной фотокамеры ФИЛИН-1Ц и патрульного спектрометра САТИ-1М. Во время указанных среднеширотных сияний, по данным цветной камеры ФИЛИН-1Ц, в северной части небосвода зарегистрировано увеличение яркости ночной атмосферы. Для бури 27 февраля 2014 г. увеличился сигнал в *R* канале камеры в 3.5 раза, а для бури 17 марта 2015 г. в 10 и в 3.5 в *R* и *G* каналах камеры соответственно по сравнению с невозмущенными условиями. Анализ спектральных данных наблюдений, полученных с помощью спектрометра САТИ-1М, позволяет предположить, что увеличения сигналов по *R* и *G* каналам цветной камеры ФИЛИН-1Ц обусловлены увеличением интенсивностей авроральных эмиссий атомарного кислорода [OI] 630 нм и [OI] 557.7 соответственно. Обсуждаются пространственно-временная динамика анализируемых среднеширотных сияний и некоторые вопросы механизмов их формирования.

The paper addresses photometric and spectral characteristics of the mid-latitude auroras observed in Eastern Siberia during the February 27, 2014 and March 17, 2015 magnetic storms. We have used optic and spectral data received in the ISTP SB RAS Geophysical Observatory by the FILIN-1C wide-angle color camera and SATI-1M patrol spectrometer. Increased brightness of nocturnal atmosphere was recorded in the northern part of the sky during the mentioned mid-latitude auroras by the FILIN-1C wide-angle color camera data. A signal in the *R* channel of the camera increased threefold for the February 27, 2014 storm; in the *R* and *G* channels of the camera, tenfold and threefold for the March 17, 2015 storm, respectively, as compared to undisturbed conditions. An analysis of spectral observations received by the SATI-1M spectrometer allows us to assume that the increased signals in the *R* and *G* channels of the color camera FILIN-1C are conditioned by increased [OI] 630 nm and [OI] 557.7 nm atomic oxygen auroral emission intensities respectively. We discuss spatio-temporal dynamics of the mid-latitude auroras analyzed and some issues of mechanisms of their formation.

Введение

Вариации интенсивности излучения ночной атмосферы дают важную информацию о процессах происходящих в верхней атмосфере средних широт во время магнитных бурь (МБ). В последние десятилетия в исследованиях полярных сияний (ПС) и собственного излучения верхней атмосферы широкое распространение получило использование в качестве приемников излучения ПЗС-устройств (CCD – Charged Coupled Device). В связи с тем, что как и ПС, так и собственное излучение имеет сложный спектральный состав, включающий континуум и более двух десятков эмиссионных линий и полос, то для выделения отдельных эмиссионных линий и полос обычно используют спектральные приборы и/или абсорбционные и интерференционные светофильтры. А в качестве приемников обычно используют монохромные ПЗС-приемники. Между тем для некоторых регистрируемых атмосферных оптических явлений использование цветного ПЗС-приемника позволяет проводить фотометрию и исследование явления в дискретных линиях без дополнительного применения спектрального оборудования и светофильтров.

Целью данной работы является сравнительный анализ интенсивности излучения ночной атмосферы Земли во время МБ посредством спектральных измерений и фотометрического исследования интен-

сивности интегрального излучения ночной атмосферы Земли с применением приемника на основе цветной ПЗС матрицы.

В ходе работы были проведены обработка и анализ оптических данных излучения верхних слоев атмосферы, полученных при помощи широкоугольной высокочувствительной фотокамеры ФИЛИН-1Ц и патрульного спектрометра САТИ-1М установленных в ГФО ИСЗФ СО РАН, расположенной в пос. Торы республики Бурятия (510° N, 103° E, высота 673 м над уровнем моря).

Аппаратура

Широкоугольная высокочувствительная фотокамера ФИЛИН-1Ц предназначена для регистрации и исследования собственного излучения (люминесценции) атмосферы ночного неба, его пространственно-временных вариаций, естественных и искусственных космических объектов (метеоров, космических аппаратов), контроля прозрачности атмосферы и решения некоторых других задач. Фотокамера ФИЛИН-1Ц (<http://atmos.iszf.irk.ru/ru/data/color>) собрана на основе цветной камеры ВИДЕОСКАН-11002 (разработка НПО «ВИДЕОСКАН», <http://videoscan.ru/>). Спектральная чувствительность каналов камеры по уровню 0.5 от максимального значения для *R* канала расположена от 600 нм до 750 нм, для *G* канала чувствительность

расположена в диапазоне от 510 нм до 590 нм и для канала *B* от 410 нм до 510 нм.

Патрульный спектрометр САТИ-1М с низким спектральным разрешением предназначен для регистрации спектрального состава и пространственного распределения собственного излучения верхней атмосферы Земли. Основное назначение – исследование возмущений в основных эмиссионных линиях и полосах ([OI] 557.7 нм, [OI] 630.0 нм, [NaI] 589.0–589.6 нм и др.) при гелиогеофизических возмущениях различной природы. Позволяет получать двумерное изображение дуги небесной сферы в диапазоне длин волн 400–700 нм. Спектрометр САТИ-1М (<http://atmos.iszf.irk.ru/ru/data/spectr>) собран на основе спектрографа ИСП-51 (разработка ЛОМО) и цветной камеры ВИДЕОСКАН-285 (разработка НПО «ВИДЕОСКАН», <http://videoscan.ru/>).

Результаты наблюдений и обсуждение

Считается, что наиболее чувствительными к геомагнитным возмущениям являются эмиссии *F*-области ионосферы, наиболее интенсивной из которых является эмиссия атомарного кислорода [OI] 630 нм (I_{630}) [Фишкова, 1983; Шефов и др., 2006]. Поведение эмиссии I_{630} во время МБ в основном зависит от изменения D_{st} -индекса с линейной зависимостью логарифма интенсивности эмиссии I_{630} от изменения D_{st} -индекса [Михалев и др., 2003]. Для овала ПС и отдельных форм «обычных» ПС отмечаются зависимости вероятности регистрации ПС от времени суток, мирового времени UT и месторасположения станции наблюдения (см., например, [Омхольт, 1974; Meek et al., 1983])

На рис. 1 изображен пример графиков поведения интенсивности в канале *R* и эмиссии I_{630} с наложением D_{st} -индекса зарегистрированные во время МБ 27 февраля 2014 г. Из графиков видно, что МБ начинается после местной полуночи (17:00 UT) и значения интенсивности канала *R* камеры и эмиссии I_{630} растут с небольшими вариациями одновременно с изменением значения D_{st} -индекса. Данный ход интенсивности излучения во время МБ является типичным для средних широт.

Во время МБ 17 марта 2015 г. наблюдались некоторые особенности в поведении, что видно из графиков интенсивности изображенных на рис. 2. Предварительное минимальное значение D_{st} -индекса для МБ 17 марта 2015 г. составило величину – 228 нТл [http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/201503/index.html], что согласно [Gonzalez et al., 1999] позволяет отнести эту бурю к экстремальным МБ. Последний раз МБ со значением меньше – 200 нТл наблюдалась 15 мая 2005 г. в предыдущим 23-ем солнечном цикле. Таким образом, МБ 17–22 марта является первой большой магнитной бурей текущего 24-го солнечного цикла с аномально низким уровнем солнечной и магнитной активности. На графиках виден резкий всплеск интенсивности излучения в максимуме превышающий среднее значение спокойной атмосферы ~10 раз, с длительностью ~1 ч характерной для суббуревой активности, и по-

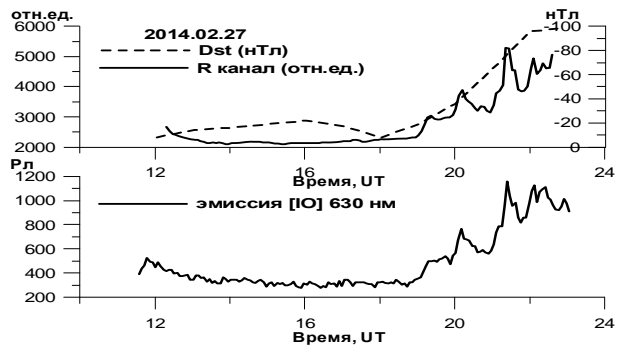


Рис. 1. Графики значений интенсивности в *R* канале камеры ФИЛИН-1Ц и эмиссии OI 630.0 нм по данным спектрометра САТИ-1М с наложением D_{st} -индекса зарегистрированные во время МБ 27 февраля 2014 г.

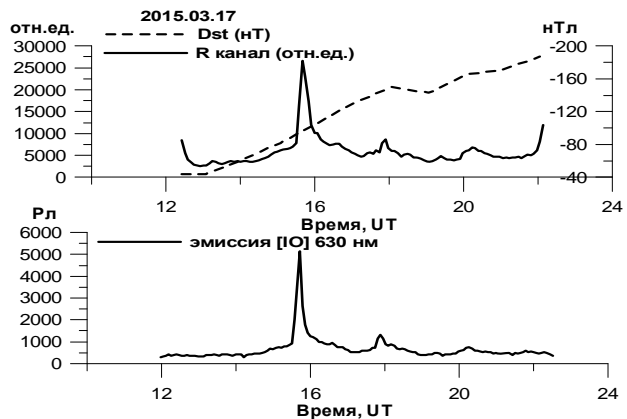


Рис. 2. Графики значений интенсивности в *R* канале камеры ФИЛИН-1Ц и эмиссии OI 630.0 нм по данным спектрометра САТИ-1М с наложением D_{st} -индекса во время МБ 17 марта 2015 г.

следующий спад интенсивности почти до значений соответствующих невозмущенным условиям, что нарушает обычно наблюдаемую зависимость интенсивности эмиссии I_{630} и D_{st} -индекса во время главной фазы МБ. Так же наблюдалось увеличение интенсивности эмиссии атомарного кислорода [OI] 557.7 нм ~3.5 раза от невозмущенных условий.

В результате сравнительного анализа данных цветной камеры ФИЛИН-1Ц и спектрометра САТИ-1М было отмечено что, отношение максимальных и невозмущенных значений интенсивности в *R* канале камеры ФИЛИН-1Ц совпадает с отношением максимальной и невозмущенной интенсивностью эмиссии I_{630} по данным спектрометра САТИ-1М. Исходя из этого, можно предположить что, возмущение в *R* канале камеры в большей степени обусловлено усилением интенсивности эмиссии I_{630} .

Заключение

В результате анализа данных интенсивности излучения среднеширотных сияний во время магнитных бурь выявлено нетипичное для наблюдаемых ранее в ГФО среднеширотных сияний поведение интенсивности эмиссии OI 630 нм во время главной фазы бури 17 марта 2015 г:

1. Начало среднеширотного сияния отмечается раньше местной полуночи 17:00 UT.

2. Резкий всплеск интенсивности излучения в максимуме превышающий среднее значение спокойной атмосферы ~10 раз, с длительностью ~1 ч характерной для суббулевой активности.

3. Отсутствует зависимость эмиссии 630 нм от D_{st} -индекса в течение ночи.

Возмущение в красном канале камеры в большей степени обусловлено усилением интенсивности эмиссии атомарного кислорода ОI 630 нм.

Работа выполнена в рамках гранта № НШ-2942.2014.5 Президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Михалев А.В., Белецкий А.Б., Костылева Н.В., Черниговская М.А. Среднеширотные сияния на юге Восточной Сибири во время больших геомагнитных бурь 29–31 октября и 20–21 ноября 2003 г. // *Космические исследования*. 2004. Т. 42, № 6. С. 616–621.

Омхольт А. Полярные сияния. М.: Мир, 1974. 246 с.

Фишкова Л.М. Ночное излучение среднеширотной верхней атмосферы Земли. Тбилиси: Мецниереба, 1983. 270 с.

Шефов Н.Н., Семенов А.И., Хомич В.Ю. Излучение верхней атмосферы – индикатор ее структуры и динамики. М.: ГЕОС, 2006. 741 с.

Gonzalez W.D., Tsurutani B.T., Alicia L. Clúa de Gonzalez. Interplanetary origin of geomagnetic storms // *Space Sci. Rev.* 1999. V. 88, iss. 3–4. P. 529–562.

Meek J.H., Shepherd G.G. Universal time variation of ISIS 6300A auroral observations during the quiet period Dec. 9–13, 1975 // *J. Geomagn. Geoelec.* 1983. V. 35, N 4. P. 87–102.

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия