

В.И. Дегтярев^{1,3}, А.В. Михалев^{1,3}, Jiуao Xu^{2,3}

Вариации свечения ночного неба в Восточной Сибири в период магнитной бури 31 марта – 4 апреля 2001 г.

¹ Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия

² Центр космических и прикладных исследований, г. Пекин, Китай

³ Российско-китайский объединенный научный центр по космической погоде, гг. Иркутск, Пекин

Поступила в редакцию 22.02.2003 г.

Проанализирован редкий случай наблюдения интенсивного свечения ночного неба на средних широтах (52° с.ш., 103° в.д.) во время большой магнитной бури 31 марта – 4 апреля 2001 г. Интенсивность свечения в линии 630 нм достигла 3,5 кРл и в линии 558 нм – 1,5 кРл. Данные оптических наблюдений сопоставлялись со спутниковыми данными высыпавшихся энергичных электронов и свечения атмосферы в мягком рентгеновском излучении, а также с наземными наблюдениями за состоянием геомагнитного поля и ионосферы на долгие оптические наблюдения. Сделан вывод, что интенсивное свечение атмосферы в линии 558 нм и в спектральной полосе 360–410 нм вызвано высыпанием в атмосферу энергичных авроральных электронов, а его вариации связаны с динамикой плазменного слоя во время бури. Возмущения эмиссии 630 нм в основном обусловлены нагревом *F*-области ионосферы мягкими электронами и в отдельные периоды интерпретируются как интенсивная SAR-дуга. Обсуждается динамика ионосферных и магнитосферных структур во время бури, определяющая основные оптические характеристики среднеширотного свечения атмосферы.

Введение

В среднеширотных сияниях среди доминирующих эмиссий в регистрируемых спектрах обычно отмечают эмиссию атомарного кислорода 630 нм и появление молекулярных полос N_2^+ первой отрицательной системы [1–3]. По данным оптических наблюдений [4], в период большой магнитной бури 31 марта 2001 г. на юге Восточной Сибири (52° с.ш.) отмечались также кратковременные, не коррелированные по времени с вариациями эмиссии 630 нм, существенные возмущения эмиссии атомарного кислорода в линии 558 нм. В [4] высказано предположение, что зарегистрированные кратковременные усиления эмиссий 558 нм и N_2^+ (391,4 нм) связаны с высыпанием в среднеширотную атмосферу высокоэнергичных частиц из магнитосферы во время суббурь и имеют определенную аналогию с «обычными» полярными сияниями. Это предположение находится в некотором противоречии с результатами отдельных работ (например, [5]), указывающих предельные экваториальные широты регистрации обычных полярных сияний.

В настоящей статье проводится детальный анализ вариаций эмиссий атмосферы, наблюдаемых в геофизической обсерватории Института солнечно-земной физики СО РАН (п. Торы, 52° с.ш., 103° в.д.; геомагнитные координаты CGMC 47° с.ш., 176° в.д.) в период большой магнитной бури 31 марта – 4 апреля 2001 г. с привлечением данных спутниковых измерений (спутники LANL [http://leadbelly.lanl.gov/lanl_ep_data/ep_request.html], DMSP [[http://sd-www.jhuapl.edu/Aurora/ovation/](http://sd-www.jhuapl.edu/Aurora/ovation/ovation_display.html)

<http://sec.noaa.gov/pmap/pmapN.html>], POLAR [http://pixie.spasci.com/pixie/homepage/img_dir/archive/2001/Mar]) вариаций потоков энергичных частиц в магнитосфере и свечения атмосферы в мягком рентгеновском излучении, наземных измерений за состоянием ионосферы и геомагнитного поля на высоких и средних широтах на долгие наземных оптических наблюдений.

Условия эксперимента

Наблюдения за свечением атмосферы проводились зенитным фотометром и по методике, описанными в [3]. Рис. 1 демонстрирует обстановку в геомагнитном поле и солнечном ветре во время мировой магнитной бури. Интервалы оптических наблюдений показаны на рис. 1 отрезками жирных линий вдоль оси абсцисс. Геомагнитная буря была вызвана приходом к Земле облака плотной плазмы солнечного ветра. В период с 00 по 01:00 UT плотность плазмы солнечного ветра достигла редко наблюдаемой величины 101,9 см⁻³ при скорости солнечного ветра 526 км/с. Внезапное начало магнитной бури зарегистрировано в 00:51–00:56 UT. По данным магнитной станции Иркутск (52,3° с.ш., 104,3° в.д.), главная фаза магнитной бури регистрировалась в интервале 03:36–08:42 UT. В период главной фазы плотность солнечного ветра была более 70 см⁻³ при скорости более 700 км/с. В максимуме главной фазы индексы возмущенности геомагнитного поля *Dst* и *Kp* достигли величин –358 нТл и 9– соответственно. Согласно классификации NOAA (http://sec.noaa.gov/NOAA_scales/index.html) по геомагнитному отклику

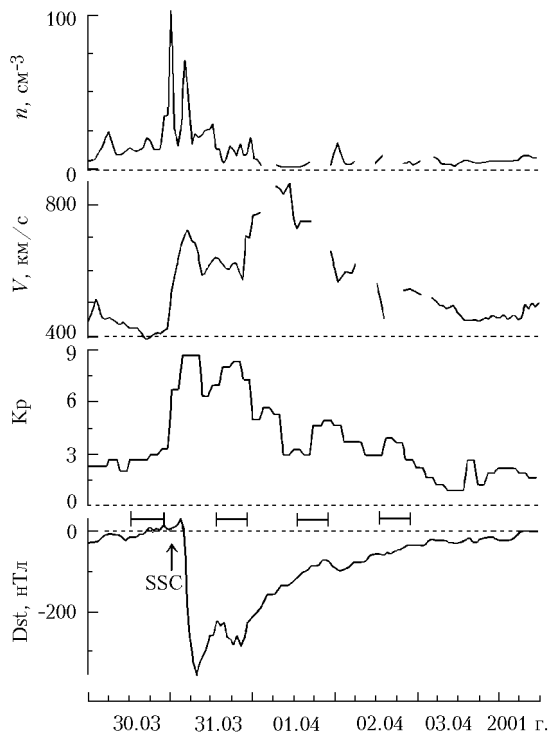


Рис. 1. Условия в геомагнитном поле Земли и солнечном ветре для периода магнитной бури 31 марта – 04 апреля 2001 г.: n – плотность плазмы солнечного ветра; V – скорость солнечного ветра и индексы возмущенности геомагнитного поля K_p и Dst

на порыв солнечного ветра данную бурю можно отнести к гигантским бурям. Такие магнитные бури являются очень редкими геофизическими явлениями: за период с 1957 по 2001 г. только 5 магнитных бурь имели величину Dst ниже указанного значения.

Результаты наблюдений

Результаты оптических наблюдений для трех интервалов времени представлены на рис. 2. Из рис. 2 видно, что 31 марта 2001 г. были зарегистрированы необычно высокие интенсивности свечения атмосферы: 3,5 и 1,5 кРл соответственно для эмиссий 630 и 558 нм. По сравнению со свечением атмосферы перед магнитной бурей 30 марта 2001 г. (кривые 1) и свечением атмосферы 1 апреля 2001 г. (кривые 3), интенсивности регистрируемых эмиссий в начале фазы восстановления бури 31 марта 2001 г. (кривые 2) были в несколько раз выше, для эмиссии 630 нм превышение составило более 15 раз. По характеру вариаций свечения в разных оптических диапазонах весь период наблюдения 31 марта 2001 г. можно разбить на несколько временных интервалов: 14:00–15:30, 15:30–17:40, 17:40–19:10 и 19:10–21:30 UT. Эти периоды на рис. 2 выделены вертикальными штриховыми линиями и обозначены римскими цифрами.

На рис. 2, z показаны вариации положения экваториальной границы статистического овала полярных сияний в отдельные моменты времени на

$\sim 103^\circ$ в.д. Положение границы определялось согласно данным (<http://sec.noaa.gov/rmap/rmapN.html>) по уровню высыпающих электронных потоков $\sim 0,1$ эрг/($\text{cm}^2 \cdot \text{c}$).

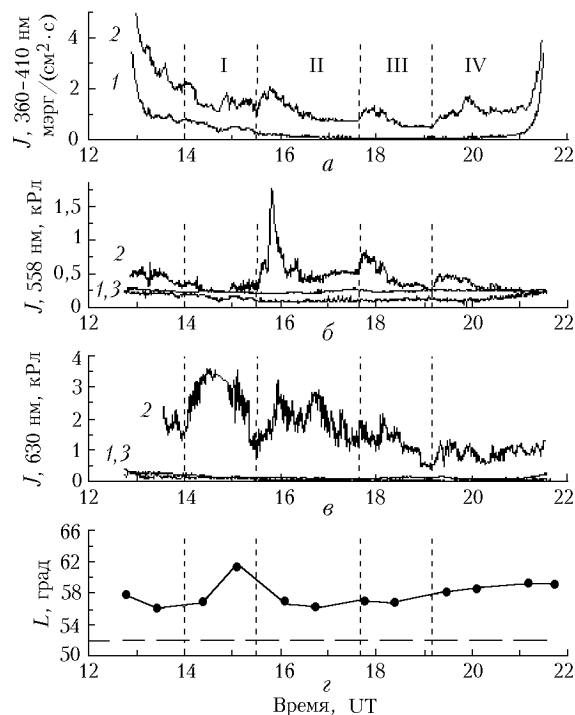


Рис. 2. Вариации интенсивности J свечения атмосферы над п. Торы 30 марта – 1 апреля 2001 г. в спектральной полосе 360–410 нм (а), в линиях атомарного кислорода 558 нм (б), 630 нм (в) и положение экваториальной стенки овала полярных сияний (г). Штриховая линия на рис. 2, z указывает широту геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН

На рис. 3 представлены: вариации АЕ-индекса геомагнитной активности – индикатора суббуревой активности в магнитосфере; вариации величины поглощения космического радишума A в ионосфере по наблюдениям на субавроральной геофизической обсерватории г. Норильска (69° с.ш., 89° в.д.) – индикатора электронов с энергией > 40 кэВ, вторгающихся в атмосферу высоких широт; потоки все направленных электронов I с энергией 50–75 кэВ, зарегистрированные на геостационарных спутниках: LANL 1991–084, расположенного на $102,7^\circ$ в.д. (кривая 1), и LANL 1994–080 на $195,7^\circ$ в.д. (кривая 2), и вариации эмиссии 558 нм.

Сопоставим оптические данные наблюдений с геофизической обстановкой в период 14:00–21:30 UT. Характерной особенностью оптических наблюдений в интервале времени 14:00–15:30 является возмущение интенсивности излучения J в линии 630 нм при незначительных вариациях свечения в линии 558 нм. Интенсивность эмиссии 630 нм в течение всего этого периода оставалась на высоком уровне, изменяясь от $\sim 1,5$ кРл в 14:00 UT до максимального значения $\sim 3,5$ кРл в 14:30 UT и вновь снижаясь до 1,2 кРл в 15:30 UT.

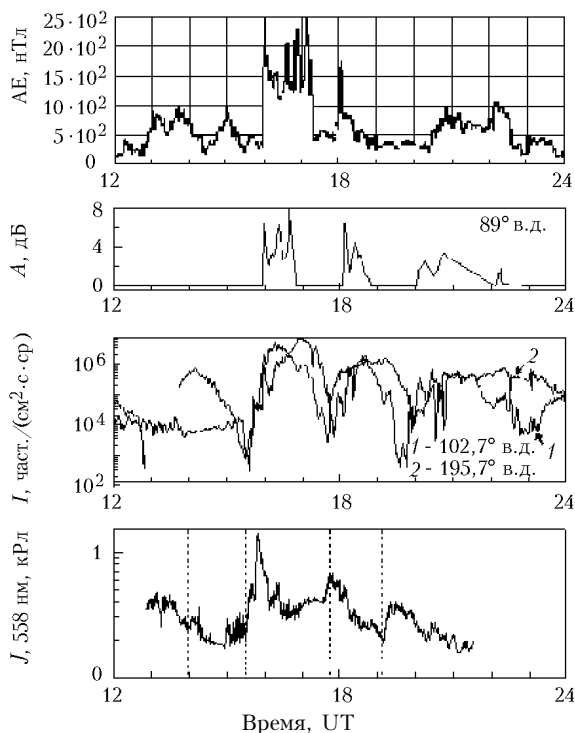


Рис. 3. Геофизическая обстановка для периода 12–24 UT 31 марта 2001 г.

Из рис. 1 видно, что первая часть анализируемого периода (14:00–15:00 UT) приходится на уменьшающийся кольцевой ток. В интервале времени 15:00–16:00 UT вновь отмечается активизация кольцевого тока, совпадающая с некоторым увеличением плотности солнечного ветра. Как следствие медленного восстановления структуры магнитосферы, граница аврорального овала начинает смещаться на более высокие широты (рис. 2, з). С 14:13 до 15:04 UT граница овала сместилась на $6,5^\circ$ к полюсу. Однако уже в 16:04 UT, в связи с активизацией магнитосферного возмущения, граница овала вновь оказывается на географической широте $\sim 56^\circ$ с.ш. С 14:27 по 15:25 UT наблюдалось суббурное возмущение авроральной магнитосферы, которое, однако, не привело к каким-либо большим возмущениям в диапазоне $90\text{--}110^\circ$ в.д. Геоостационарный спутник, расположенный в данный момент времени на $102,7^\circ$ в.д., не регистрирует значительных вариаций потоков электронов с энергией 50–75 кэВ, а в Норильске (на долготе 89° в.д.) в ионосфере не отмечается возмущения, связанного с высыпанием электронов с энергией >40 кэВ. То есть интервал времени 14:00–15:30 UT был относительно спокойным для долготы наблюдения в данном эксперименте.

Интервал времени 15:30–21:30 UT включает три выделенных интервала (см. рис. 2). Каждый из них начинается резким повышением интенсивности излучения в линии 558 нм и полосе 360–410 нм и постепенным ее понижением к концу интервала. Наибольшее повышение интенсивности излучения в линии 558 нм отмечается в интервале 15:30–17:40 UT, а затем с каждым последующим интервалом интенсивность излучения падает. Появление потоков высокоэнергичных частиц по данным гео-

стационарных спутников, вариаций геомагнитного поля и поглощения космического радиопотока по данным станции Норильск однозначно указывает на развитие суббурь в эти периоды времени. Из рис. 3 очевидно, что имеется относительно хорошее соответствие между повышением интенсивности свечения ночного неба по наблюдениям в п. Торы и магнитосферными суббуревыми возмущениями.

Из рис. 3 следует, что после минимума геомагнитных возмущений (по AE-индексу) в 15:25 UT началось развитие аврорального электроджета с максимальной его интенсивностью около 500 нТл в 15:39–15:40 UT. Поток электронов начал увеличиваться в 15:31 UT на долготе $195,7^\circ$ в.д. (рис. 3, в), а затем через несколько минут на долготу $102,7^\circ$ в.д. Поскольку экваториальная граница свечения в мягком рентгене хорошо совпадает с границей обычного свечения полярного сияния в видимом спектре [6], постольку пространственные характеристики свечения в мягком рентгене могут служить хорошим индикатором динамики областей магнитосферного возмущения. По данным спутника POLAR в 15:20–15:25 UT отмечается слабое свечение в рентгене примерно на $170\text{--}210^\circ$ в.д. В течение следующих 5 мин произошли усиление яркости свечения (начало магнитосферной суббури) и распространение области свечения к западу примерно до 110° в.д. В 15:33–15:40 UT отмечены резкое увеличение интенсивности свечения в мягком рентгене, распространение области свечения намного западнее долготы п. Торы и расширение области свечения к экватору.

Начало роста интенсивности эмиссии 558 нм отмечается в 15:32 UT и небольшой пик свечения в 15:40 UT (см. рис. 2), что, с одной стороны, подтверждает выводы работы [6] о хорошей связи областей свечения в рентгене и в видимом спектре, а с другой — показывает, что свечение, зарегистрированное в п. Торы в начале второго выделенного интервала, является проявлением магнитосферной суббури и вызвано высыпанием в среднеширотную атмосферу потоков электронов авроральных энергий. Наибольший пик свечения в линии 558 нм, при одновременном пиковом увеличении свечения в линии 630 нм и полосе 360–410 нм, регистрируется в 15:49 UT. По времени это совпадает с усилением яркости свечения в рентгене в 15:48–15:50 UT и расширением области свечения к экватору.

Сопоставляя эмиссии в линиях 558 и 630 нм (рис. 2, б, в), можно заметить, что полной коррелированности временного хода интенсивности двух этих эмиссий нет. В интервале 16:30–17:12 UT при росте интенсивности излучения в линии 630 нм почти до 3 кРл в 16:48 UT интенсивность излучения в линии 558 нм практически оставалась неизменной. По-видимому, кроме прямого механизма возбуждения свечения высыпавшимися электронами авроральных энергий действуют и другие механизмы возбуждения свечения в красной линии. Отметим, что экваториальная граница статистического овала полярных сияний (см. рис. 2, з) в 16:44 UT находится на $\sim 4^\circ$ ближе к полюсу относительно пункта наблюдения и высыпания авроральных электронов, по-видимому, отсутствовали. Вслед-

ствие этого увеличение интенсивности эмиссии 630 нм могло быть связано либо с мягкими электронами внутренней кромки плазменного слоя, либо с другими механизмами возбуждения эмиссии 630 нм. Отметим, что минимум ионизации в главном провале для рассматриваемого интервала времени, рассчитанный по модели [7], находился на несколько градусов ближе к экватору относительно пункта наблюдения.

Анализ возмущений эмиссий в последующие интервалы времени (17:40–19:10 и 19:10–21:30 UT) также позволяет считать, что они обусловлены высыпанием в атмосферу потоков электронов авроральных энергий.

Обсуждение

Один из механизмов, обуславливающих увеличение концентрации возбужденных атомов кислорода $O(^1D)$ и усиление эмиссии 630 нм в средних широтах во время геомагнитных бурь, связывают с нагревом F -области ионосферы за счет увеличения сверхтепловых потоков электронов (~10–1000 эВ) из плазмосферы [1, 2, 8], где происходит энергообмен между тепловой плазмой и усиливающимся кольцевым током, который, в свою очередь, определяет Dst -вариации. В SAR-дугах, образующихся в районе экваториальной стенки главного ионосферного провала, возбуждение атомов кислорода в состояние $O(^1D)$ происходит в основном в столкновениях с тепловыми электронами, нагретыми до высоких температур. К настоящему времени предложен ряд источников нагрева ионосферных электронов в области свечения SAR-дуг: кулоновские столкновения с горячими ионами кольцевого тока [9], затухание Ландау электромагнитных ионно-циклотронных волн, генерируемых при взаимодействии плазмосферы с кольцевым током [10], низкоэнергичная составляющая (<10 эВ) потоков высыпавшихся частиц [2, 11] и др.

Наши оценки положения минимума главного ионосферного провала при изменении геомагнитной активности в восстановительную фазу геомагнитной бури 31 марта 2001 г., сделанные по эмпирическим моделям [7], показывают, что п. Торы находился на 2–4° ближе к полюсу от минимума главного ионосферного провала. С другой стороны, из рис. 2, видно, что в период наблюдений овал полярных сияний был смещен к полюсу от пункта наблюдения. С учетом того, что как модели ионосферного провала, так и статистический авроральный овал дают только вероятное их положение, можно заключить, что п. Торы в течение периода наблюдения 31 марта 2001 г. находился в главном провале ионизации, вблизи полярной стенки.

Поскольку для периода 14:00–15:30 UT, когда наблюдалось наиболее сильное возмущение эмиссии 630 нм, суббуревой активности и увеличения потоков высокоэнергичных авроральных частиц не отмечалось (см. рис. 3), то можно предположить, что возбуждение эмиссии 630 нм происходит за счет низкоэнергичных электронов, формирующих SAR-дугу в районе главного ионосферного провала и плазмопаузы.

Как известно, ширина SAR-дуги может составлять несколько сот километров (~600 км) [12], что соответствует по широте нескольким градусам. Учитывая динамику интенсивности свечения в линии 630 нм и динамику экваториальной кромки аврорального овала, можно предположить, что SAR-дуга до 14:00 UT находилась экваториальнее станции наблюдения, а с 14:00 UT своей полусферической частью «наплывала» на диаграмму обзора зенитного фотометра, достигая максимального перекрытия в 14:30 UT, и затем вновь смещалась на более экваториальные широты.

Таким образом, особенности регистрации свечения атмосферы над п. Торы и сопутствующая геофизическая обстановка приводят к заключению, что в период 14:00–15:30 UT 31 марта 2001 г. на широте п. Торы наблюдалась интенсивная SAR-дуга.

В работах [13, 14] описываются несколько случаев наблюдения SAR-дуг в средних широтах Азиатского региона при высоких уровнях геомагнитных возмущений, один из которых соответствует анализируемой магнитной буре 31 марта 2001 г. Таким образом, данные настоящей работы и работ [13, 14] позволяют определить предельные геомагнитные широты наблюдавшихся к настоящему времени SAR-дуг в Азиатском регионе ~45–47°.

Всплеску интенсивности эмиссии 558 нм в момент времени ~15:45 UT (первая суббуря) предшествовало резкое смещение экваториальной границы овала полярных сияний по направлению к экватору. Это может быть результатом движения плазменного слоя к плазмосфере, взаимодействие которых вызвало высыпание энергичных частиц. Если допустить, что наблюдаемые возмущения эмиссии 558 нм связаны с динамической плазменного слоя, то наблюдаемое среднеширотное сияние обладает некоторыми особенностями, типичными для обычных полярных сияний.

Согласно [5] обычные полярные сияния не опускаются ниже широт, соответствующих L -оболочкам ~2,7, в то время как SAR-дуги могут смещаться до $L \sim 1,7$. Согласно NOAA (<http://www.sec.noaa.gov/Aurora/index.html>) экваториальная граница полярных сияний при максимальном уровне геомагнитных возмущений в Азиатском регионе соответствует ~48° исправленной геомагнитной широты. Исправленная геомагнитная широта 47° и соответствующая L -оболочка ($L \sim 2$) станции наблюдения в п. Торы указывают на значительные смещения ионосферных и магнитосферных структур в период магнитной бури 31 марта 2001 г., возможно соответствующих предельному сжатию магнитосферы [5]. Вероятно, такие возмущения эмиссии 558 нм в средних широтах характерны только для интенсивных магнитных бурь и статистика их наблюдений ограничена. Авторам удалось обнаружить только одну работу, в которой описывается аналогичное возмущение эмиссии 558 нм в период магнитной бури в более низких широтах. Так, в работе [15] в период интенсивной магнитной бури 21 октября 1989 г. ($K_p^{\max} = 8+$, $Dst^{\min} = -268$ нТл) в северной части небосвода на о. Хоккайдо (44° с.ш.,

142° в.д.) отмечалось интенсивное красное среднеширотное сияние. Интенсивность эмиссии 558 нм оставалась на обычном уровне, за исключением резкого всплеска в течение ~ 8 мин. По мнению авторов [15], подобные сияния на таких низких широтах наблюдаются раз в 20 лет.

Выводы

В заключение можно сформулировать следующие основные выводы работы.

– Наблюдаемые возмущения эмиссий в среднеширотном сиянии 31 марта 2001 г. обусловлены электронными потоками различных энергий, отражающих динамику проекций разных структурных элементов магнитосферы на фазе восстановления магнитной бури. Общий уровень эмиссии 630 нм может быть обусловлен сверхтепловыми потоками электронов плазмосферы. Возмущение эмиссии 630 нм в период ~ 14–15:5 UT интерпретируется как интенсивная SAR-дуга (проекция плазмопаузы).

– Возмущения эмиссий 558 и 391,4 нм, коррелирующие с суббуревой активностью, вероятно, обусловлены высыпанием высокоэнергичных авроральных электронов и связаны с динамикой плазменного слоя.

– Особенности возмущения эмиссии 558 нм в период суббурь и ее характерные интенсивности (~ 1 кРл, что соответствует классу I полярных сияний по международному коэффициенту яркости) формально позволяют отнести это сияние, по крайней мере в отдельные интервалы времени, к «обычным» формам полярных сияний.

На заключительном этапе выполнения работы один из российских авторов пользовался поддержкой РФФИ (грант № 03-05-64744).

1. *Tinsley B.A., Rohrbaugh R.P., Rassoul H., Barker E.S., Cochran A.L., Cochran W.D., Wills B.J., Wills D.W., Slater D.* Spectral characteristics of two types of low latitude aurorae // *Geophys. Res. Lett.* 1984. V. 11. N 6. P. 572–575.
2. *Rassoul H.K., Rohrbaugh R.P., Tinsley B.A., and Slater D.W.* Spectrometric and photometric observations of low-latitude aurorae // *J. Geophys. Res. A.* 1993. V. 98. N 5. P. 7695–7709.
3. *Михалев А.В.* Некоторые особенности наблюдений среднеширотных сияний и возмущений эмиссий верхней атмосферы во время магнитных бурь в регионе Восточной Сибири // *Оптика атмосфер. и океана.* 2001. Т. 14. N 10. С. 970–973.

4. *Горелый К.И., Карачиев В.Д., Иевенко И.Б., Алексеев А.Н., Михалев А.В., Белецкий А.Б.* Одновременные оптические наблюдения большой магнитной бури 31 марта 2001 г. в Москве, Восточной Сибири и Якутии // *Солнечно-земная физика.* 2002. Вып. 2 (115). С. 265–266.
5. *Хорошева О.В.* Магнитосферные возмущения и связанная с ними динамика ионосферных электроструй, полярных сияний и плазмопаузы // *Геомагнетизм и аэрон.* 1987. Т. 27. N 5. С. 804–811.
6. *Бйордал И., Боровков Л.П., Корнилов И.А., Корнилова Т.А., Лазутин Л.Л., Остгаард Н., Стаднес Ю., Старков Г.В., Торсен Е., Черноус С.А.* Структура полярных сияний над Кольским полуостровом и овал рентгеновского излучения, измеренный на спутнике POLAR 9 февраля 1997 г. // *Геомагнетизм и аэрон.* 2000. Т. 40. N 3. С. 39–48.
7. *Деминев М.Г., Карачев А.Т., Афонин В.В., Аннакулиев С.К.* Динамика среднеширотного ионосферного провала в периоды бурь: восстановительная фаза // *Геомагнетизм и аэрон.* 1996. Т. 36. N 4. С. 45–52.
8. *Gogoshev M.M.* Using airglow emissions for the diagnostics of some magnetospheric-ionospheric influences. 1. The oxygen emission λ 6300 Å // *Space Res. Bulg.* 1978. N 1. P. 83–94.
9. *Gurgiolo C., Slater D.W., Winningham J.D., Burch J.L.* Observation of a heated electron population associated with the 6300 Å SAR arc emission // *J. Geophys. Res.* 1982. V. 9. N 9. P. 965–968.
10. *Конииков Ю.В., Павлов А.В.* О свечении атмосферы на λ 630 нм в области субавроральных красных дуг // *Геомагнетизм и аэрон.* 1990. Т. 30. N 5. С. 782–787.
11. *Slater D.W., Gurgiolo C., Kozyra J.U., Kleckner E.W., Winningham J.D.* A possible energy source to power stable auroral red arcs: precipitating electrons // *J. Geophys. Res. A.* 1987. V. 92. N 5. P. 4543–4552.
12. *Gogoshev M.M., Guinea V.Ch., Maglova O.V., Markova T.* SAR-arcs and emissions in the main trough of the electron concentration // *Adv. Space Res.* 1987. V. 7. N 8. P. 15–19.
13. *Shiokawa K., Ogawa T., Oya H., Rich F.J., and Yumoto K.* A stable auroral red arc observed over Japan after an interval of very weak solar wind // *J. Geophys. Res. A.* 2001. V. 106. N 13. P. 26091–26101.
14. *Afraimovich E.L., Ashkaliev Ya.F., Aushev V.M., Beletsky A.B., Vodyannikov V.V., Leonovich L.A., Lesyuta O.S., Mikhalev A.V., and Yakovets A.F.* Radio and optical observations of large-scale traveling ionospheric disturbances during a strong geomagnetic storm of 6–8 April 2000 // *J. Atmos. and Sol.-Terr. Phys.* 2002. V. 64. N 18. P. 1943–1955.
15. *Hiroshi M., Takeo H., Kiyumi Y., Yoshito T.* Low latitude auroral arc on October 21, 1989. I. // *Proc. Jap. Acad. B.* 1990. V. 66. N 3. P. 47–51.

V.I. Degtyarev, A.V. Mikhalev, and Jiyao Xu. Night airglow variations over Eastern Siberia during the March 31 – April 4, 2001 magnetic storm.

We examine an unusual observation of intense night airglow emissions at mid-latitudes (52° N, 103° E) during a major magnetic storm of March 31 – April 4, 2001. The glow intensity in the 630 nm and 558 nm lines, respectively, was as high as 3.5 and 1.5 kRl. Optical observations were compared with satellite data on precipitating energetic electrons and airglow soft X-ray emissions, as well as with ground-based observations of geomagnetic field and ionospheric conditions acquired at the longitude of the optical observations. It is concluded that the intense airglow emission in the 558 nm line and in the spectral band of 360–410 nm is caused by energetic auroral electrons precipitating into the atmosphere, and the glow variations are associated with the plasma sheet dynamics during the storm. The 630 nm emission disturbances are mainly due to the heating of the ionospheric F-region by soft electrons and, for some of the periods, are interpreted as an intense SAR-arc. We discuss the dynamics of ionospheric and magnetospheric structures at the time of the storm that determines the main optical characteristics of mid-latitude airglow emissions.