

ОПТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И БАЗЫ ДАННЫХ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ  
ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

УДК 551.510.535

А.В. Михалев<sup>1</sup>, И.В. Медведева<sup>1</sup>, Н.В. Костылева<sup>1</sup>, П. Стоева<sup>2</sup>

**Проявление солнечной активности в вариациях  
атмосферных эмиссий 557,7 и 630 нм в 23-м солнечном цикле**

<sup>1</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия

<sup>2</sup>Центральная лаборатория солнечно-земных воздействий БАН, г. Стара Загора, Болгария

Поступила в редакцию 10.04.2007 г.

Проведен предварительный анализ экспериментальных данных регулярных наблюдений среднеширотного свечения ночной атмосферы в линиях 557,7 нм (высоты высвечивания 85–115 км) и 630 нм (180–250 км), полученных в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (52° с.ш., 103° в.д.) в текущем 23-м солнечном цикле. Данные наблюдений атмосферных эмиссий сопоставляются с атмосферными, солнечными и геофизическими параметрами. Интенсивность эмиссии 630 нм в 23-м солнечном цикле изменялась в фазе с солнечным циклом, увеличиваясь от периода низкой к периоду высокой солнечной активности. Для зеленой эмиссии 557,7 нм отмечается различие коэффициентов корреляции между ее интенсивностью и индексом солнечной активности  $F_{10,7}$  в различные фазы цикла; на фазе роста и максимума солнечной активности выявлена отрицательная корреляция среднемесячных значений интенсивностей эмиссии 557,7 нм и индекса  $F_{10,7}$ , которая сменилась положительной корреляцией на фазе спада. Нарушение синфазности поведения эмиссии 557,7 нм и индекса  $F_{10,7}$  на фазе роста и максимума солнечной активности предварительно интерпретируется высокой чувствительностью атмосферных параметров, определяющих интенсивность эмиссии 557,7 нм, к атмосферной динамике и возмущениям различной природы (в том числе и воздействиям снизу) на высотах высвечивания этой эмиссии.

### Введение

Первые исследования межгодовых и многолетних вариаций среднеширотных атмосферных эмиссий верхней атмосферы относятся к 20–30-м гг. XX в. [1]. Наиболее полные данные о многолетних вариациях атмосферных эмиссий получены во второй половине XX в. (см., например, [2]), они охватывают временной интервал около 5 солнечных циклов (18–22-е солнечные циклы). К настоящему времени можно считать установленным фактом, что многолетние вариации атмосферных эмиссий в линиях атомарного кислорода 557,7 нм (высоты высвечивания 85–115 км) и 630 нм (180–250 км) зависят от уровня солнечной активности. При этом следует отметить, что степень проявления эффектов солнечной активности в указанных атмосферных эмиссиях в различные солнечные циклы может быть различной [3].

В области высот высвечивания эмиссии 557,7 нм проявляются как эффекты динамики и возмущений различной природы нижележащих слоев атмосферы, так и внешнее влияние солнечной активности. Идентификация и разделение эффектов проявления динамики нижележащей атмосферы и солнечной активности являются трудной и, как нам представляется, в настоящее время еще не решенной задачей. Вероятно, в силу этого результаты разных авторов для различных станций и периодов наблюдений ука-

зывают на различную степень зависимости интенсивности эмиссии 557,7 нм от уровня солнечной активности — от очень высокой [2] до умеренной [4], слабой или ее отсутствия [5].

Атмосферная эмиссия 630 нм является более «чувствительной» к влиянию солнечной активности в результате большей высоты ее высвечивания ( $F$  — область ионосферы) и механизмов формирования. В средних широтах эта эмиссия формируется в результате процессов диссоциативной рекомбинации, фотодиссоциации и столкновений с фотоэлектронами. Соотношение вклада этих механизмов в общую интенсивность эмиссии 630 нм зависит от широты, долготы, местного времени и сезона года [6]. Вследствие этого в общем случае зависимость интенсивности эмиссии 630 нм от уровня солнечной активности может носить сложный характер и иметь свои особенности в различных широтно-долготных зонах.

Относительно небольшое количество солнечных циклов, для которых существуют данные наблюдения свечения атмосферы, различие солнечных циклов, некоторые количественные различия в эффектах проявления солнечной активности в вариациях атмосферных эмиссий обуславливают интерес к исследованию поведения свечения атмосферы в 23-м солнечном цикле для определения климатических характеристик, трендов [3] и для использования в эмпирических моделях вариаций параметров верхней атмосферы [6].

В настоящей статье на основе экспериментальных данных, полученных в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (52° с.ш., 103° в.д.) в период 1997–2006 гг., проведен предварительный анализ многолетних вариаций атмосферных эмиссий в линиях атомарного кислорода 557,7 и 630 нм в зависимости от солнечной активности в 23-м солнечном цикле для средних широт Азиатского континента.

### Аппаратура и данные наблюдений

Измерения оптического излучения верхней атмосферы проводились с помощью зенитных фотометров с интерференционными качающимися светофильтрами ( $\Delta\lambda_{1/2} \sim 1-2$  нм) в линиях излучения 557,7 и 630 нм. Также регистрировалось излучение в ближней инфракрасной (720–830 нм) и ультрафиолетовой (360–410 нм) областях спектра. Спектральные диапазоны 360–410 и 720–830 нм выделялись абсорбционными светофильтрами. Угловые поля зрения каналов фотометра составляли 4–5°. Абсолютная калибровка измерительных трактов аппаратуры осуществлялась по эталонным звездам и контролировалась с помощью опорных световых источников в вечерние и утренние часы наблюдений. Программное обеспечение фотометра позволяло записывать данные фотометрических каналов с усреднением ~12 с.

В настоящей статье использовались:

- экспериментальные данные наблюдения атмосферных эмиссий атомарного кислорода 557,7 нм за период с 1997 по апрель 2006 г. и 630 нм за период с 1999 по апрель 2006 г., полученные в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН;
- данные NOAA/SEC Boulder, USA – поток радиоизлучения Солнца на длине волны 10,7 см ( $F_{10,7}$ ) и планетарный  $A_p$ -индекс;
- спутниковые данные общего содержания озона TOMS (<http://jwocky.gsfc.nasa.gov>);
- данные по аномалиям зональной температуры в средней атмосфере (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/stratosphere/strat-trop/>).

### Результаты наблюдений и обсуждение

На рис. 1 представлены вариации среднемесячных значений: интенсивности зеленой эмиссии атомарного кислорода 557,7 нм ( $I_G$ ), интенсивности красной эмиссии атомарного кислорода 630 нм ( $I_R$ ), индекса радиоизлучения Солнца  $F_{10,7}$  и планетарного  $A_p$ -индекса за анализируемый период. В 1999–2006 гг. измерения интенсивностей эмиссии 557,7 и 630 нм проводились одновременно и обрабатывались по единой методике. На рис. 1 для эмиссии  $I_G$  указаны стандартные ошибки от среднемесячных значений. Индекс радиоизлучения Солнца  $F_{10,7}$  использовался для оценки уровня солнечной активности; планетарный  $A_p$ -индекс – для оценки уровня геомагнитной возмущенности. Рассматриваемый период охватывает фазы роста, максимума и спада 23-го солнечного цикла.

Из рис. 1 видно, что в общем случае интенсивность эмиссии 630 нм в 23-м солнечном цикле изменялась в фазе с солнечным циклом, увеличиваясь от периодов низкой солнечной активности к периоду высокой солнечной активности.

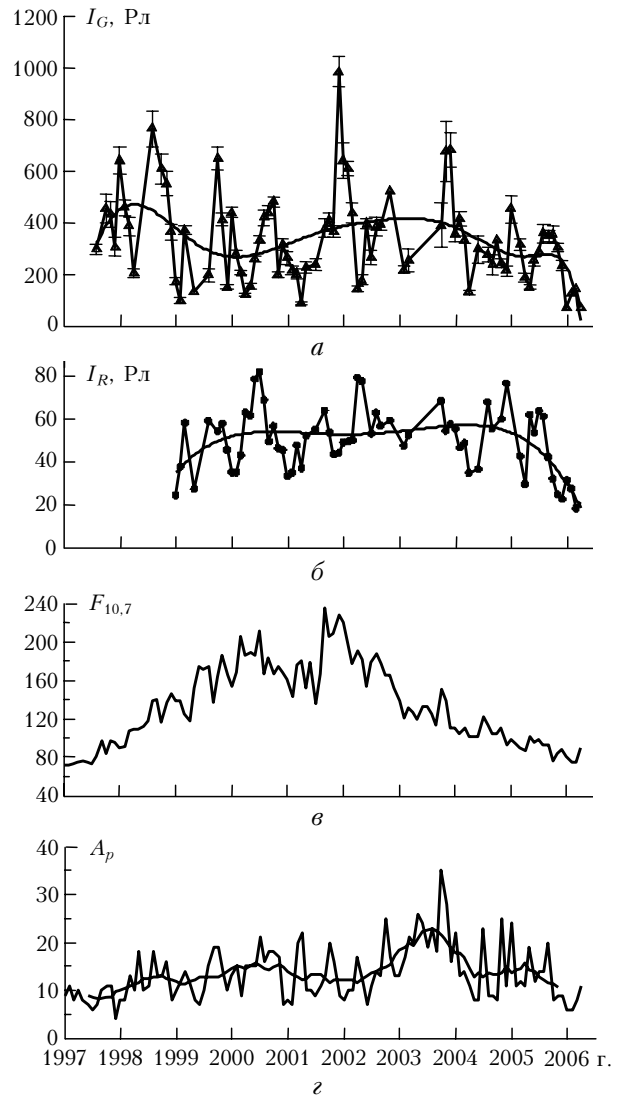


Рис. 1. Вариации среднемесячных значений: интенсивности зеленой эмиссии атомарного кислорода  $I_G$ , 1997–2006 гг. (а); интенсивности красной эмиссии атомарного кислорода  $I_R$ , 1999–2006 гг. (б); индекса радиоизлучения Солнца  $F_{10,7}$ , 1997–2006 гг. (в); планетарного  $A_p$ -индекса, 1997–2006 гг. (г)

Максимальное среднемесячное значение интенсивности эмиссии 630 нм ( $I_R$ ) отмечалось в июле 2000 г. (~82 Пл) и может быть соотнесено с первым максимумом индекса  $F_{10,7}$ . Минимальное среднемесячное значение  $I_R$  за анализируемый период отмечалось в марте 2006 г. Более сильный 2-й максимум солнечной активности по индексу  $F_{10,7}$  в конце 2001 – начале 2002 гг. не дал аналогичных повышенных среднемесячных значений  $I_R$ . Возможно,

это связано с существованием сезонного хода эмиссии 630 нм [7], согласно которому  $I_R$  достигает максимальных значений в июле — августе. Более высокие значения  $I_R$  в летние месяцы по сравнению с зимними могли обеспечить более высокие абсолютные значения  $I_R$  в июле 2000 г., чем в период конца 2001 — начала 2002 гг., при сопоставимых уровнях возмущений.

Для количественных оценок многолетних вариаций атмосферных эмиссий часто используют среднегодовые значения интенсивностей соответствующих эмиссий. В нашем случае, ввиду отсутствия полных данных за 2006 г., соответствующего по прогнозам минимуму солнечной активности, в качестве оценок многолетних вариаций  $I_R$  были использованы средние значения  $I_R$  за первых 4 мес каждого года. Использование этих 4 мес позволяет достичь частичного разделения эффектов солнечной и геомагнитной активности, что для эмиссии 630 нм является достаточно сложной задачей [6], поскольку с ростом солнечной активности возрастает частота возникновения геомагнитных бурь. Согласно [8] наибольшее число магнитных бурь в их сезонном ходе наблюдается в осенние месяцы сентябрь — ноябрь. На рис. 2 приведены средние значения  $I_R$  и  $F_{10,7}$  за 4 мес (январь — апрель) для 1999—2006 гг.

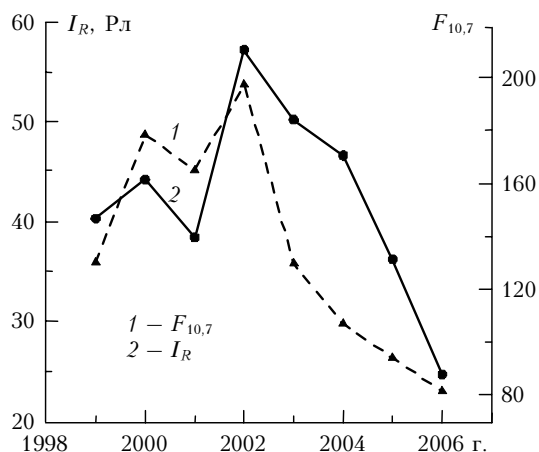


Рис. 2. Средние значения  $I_R$  и  $F_{10,7}$  за 4 мес (январь — апрель) для 1999—2006 гг.

Приведенные на рис. 2 кривые значений  $I_R$  и  $F_{10,7}$  показывают их достаточно высокую корреляцию (коэффициент корреляции 0,68); обе величины достигают своих максимальных значений в 2002 г. Корреляция полученных аналогичным образом  $I_R$  и  $A_p$  для этих месяцев оказывается меньше (коэффициент корреляции ~0,5). Использование средних значений за осенние месяцы (сентябрь — ноябрь) в качестве оценки многолетних вариаций эмиссии 630 нм, напротив, дает большие коэффициенты корреляции между  $I_R$  и  $A_p$  (коэффициент корреляции 0,64), чем между  $I_R$  и  $F_{10,7}$  (коэффициент корреляции ~0,43).

Полученная оценка коэффициента многолетних вариаций эмиссии 630 нм в 23-м солнечном цикле от максимума солнечной активности к минимуму по

первым 4 мес года дает значение ~2,3. Эта величина достаточно хорошо согласуется с коэффициентами вариаций эмиссии 630 нм, полученными для среднеширотных станций Верхний Прованс (~2) [9], Звенигород (~2,5 при изменениях  $F_{10,7}$  от 95 до 190) [10], а также с оценками, полученными по эмпирической модели вариации эмиссии атомарного кислорода 630 нм [6] для среднегодовых (~1,4) и полуночных (~1,85) значений  $I_R$ , если в качестве значений  $F_{10,7}$  взять реальные значения  $F_{10,7}$  первых 4 мес (январь — апрель) для 2002 г. ( $F_{10,7}$  ~197, максимальные 4-месячные значения  $I_R$ ) и 2006 г. ( $F_{10,7}$  ~81, минимальные 4-месячные значения  $I_R$ ).

В то же время по данным [11] для низкоширотной станции (22° с.ш., 45° з.д.) изменение интенсивности эмиссии 630 нм от максимума солнечной активности к минимуму в 21-м солнечном цикле составило ~7. Авторы [11] связывают это с более высоким отношением изменения электронной концентрации  $N_e$  по сравнению с другими атмосферными параметрами, влияющими на интенсивность эмиссии 630 нм ( $O$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ ), при переходе от высокой солнечной активности к низкой в области экваториальной ионосферной аномалии.

Особо следует отметить приведенные в работе [3] данные многолетних измерений среднегодовых значений  $I_R$ , для которых в 21-м и 22-м солнечных циклах при сопоставимых изменениях уровней солнечной активности по индексу  $F_{10,7}$  (от низкого к высокому) изменения среднегодовых значений  $I_R$  существенно отличаются. Это, вероятно, может указывать на различный характер изменений атмосферных параметров, формирующих эмиссию 630 нм, или изменений вклада различных эффектов (например, геомагнитной активности) в различные солнечные циклы.

В работе [6] указывается на циклические аperiodические вариации эмиссии 630 нм, обусловленные солнечной активностью, с приблизительным периодом 2—3 года. Нами была предпринята попытка выделить вариации с такими периодами на анализируемом интервале времени (январь 1999 г. — апрель 2006 г.). На рис. 3 приведены среднемесячные значения  $I_R$  с усреднением скользящим средним по 7 мес за указанный период наблюдений.



Рис. 3. Среднемесячные значения  $I_R$  с усреднением по 7 мес

Предварительный анализ кривой на рис. 3 действительно позволяет выделить 2–3 летних вариации эмиссии 630 нм. При этом следует отметить, что второй максимум кривой (см. рис. 3) может быть соотнесен с максимумом 23-го цикла солнечной активности, а первый и третий максимумы – с фазами роста и спада солнечного цикла, когда обычно отмечают увеличение геомагнитной активности. В этом случае появление вариаций с периодом 2–3 года (см. рис. 3) может быть результатом наложения не совпадающих по фазам эффектов вариаций солнечной и геомагнитной активности.

### Эмиссия 557,7 нм

Во многих работах, связанных с исследованием зависимости  $I_G$  от солнечной активности, обычно указывается на положительную корреляцию с индексом  $F_{10,7}$  [2–4]. Лишь в отдельных работах для некоторых интервалов наблюдений отмечали отрицательную корреляцию этих параметров. Так, в работе [5] коэффициенты корреляции между  $I_G$  и индексом  $F_{10,7}$  для 1984 и 1985 гг. составили соответственно  $-0,46$  и  $-0,09$ . В представляемых в работе [3] многолетних вариациях интенсивности эмиссии 557,7 нм также можно отметить в отдельные годы нарушение синхронности поведения интенсивности эмиссии 557,7 нм и индекса  $F_{10,7}$ .

Представленные на рис. 1 вариации  $I_G$  указывают на различный характер зависимости  $I_G$  от уровня солнечной активности (индекса  $F_{10,7}$ ) для анализируемого периода. В период фазы роста солнечной активности в 1997–2000 гг. отмечаются снижение  $I_G$  и соответственно отрицательная корреляция  $I_G$  и значений индекса  $F_{10,7}$ , коэффициент корреляции равен  $-0,33$ . Начиная со второго максимума солнечной активности по индексу  $F_{10,7}$  (конец 2001 – начало 2002 г.), наблюдаются снижение как  $F_{10,7}$ , так и  $I_G$  и соответственно положительная корреляция этих параметров (коэффициент корреляции  $0,38$ ). В отдельные периоды времени (например, конец 2003 г.) кратковременным вариациям индекса  $F_{10,7}$  можно сопоставить соответствующие вариации  $I_G$ .

В области термосферы на высотах выше 100 км атмосферные параметры в большей степени подвержены прямому влиянию солнечной радиации и могут отражать изменения солнечной активности [11]. Это подтверждает и поведение приведенных на рис. 1 среднемесячных значений эмиссии атомарного кислорода 630 нм на высотах высвечивания  $F$ -области ( $\sim 180$ – $250$  км). В области высот высвечивания эмиссии 557,7 нм помимо солнечной активности также определяющим фактором для вариаций этой эмиссии может являться динамика атмосферы, включая области стратосферы [2]. Для выявления возможных причин поведения  $I_G$  в 1997–2000 гг. были рассмотрены доступные нам атмосферные параметры нижележащей атмосферы – общее содержание озона (ОСО) и аномалии зональной температуры на уровне нижней мезосферы.

На рис. 4 представлены средние значения  $I_G$  за октябрь и ноябрь для каждого года, среднегодовые значения  $I_G$ ,  $F_{10,7}$ , аномалии зональной температуры для широт  $60$ – $90^\circ$  с.ш. и ОСО.

ОСО может отражать как многолетние, так и межгодовые и квазидвухлетние вариации глобальной динамики атмосферы на уровне стратосферы и мезосферы [12]. Дополнительным аргументом использования ОСО являются результаты работы [5], в которой получены высокие отрицательные значения коэффициентов корреляции между значениями ОСО и  $I_G$ .

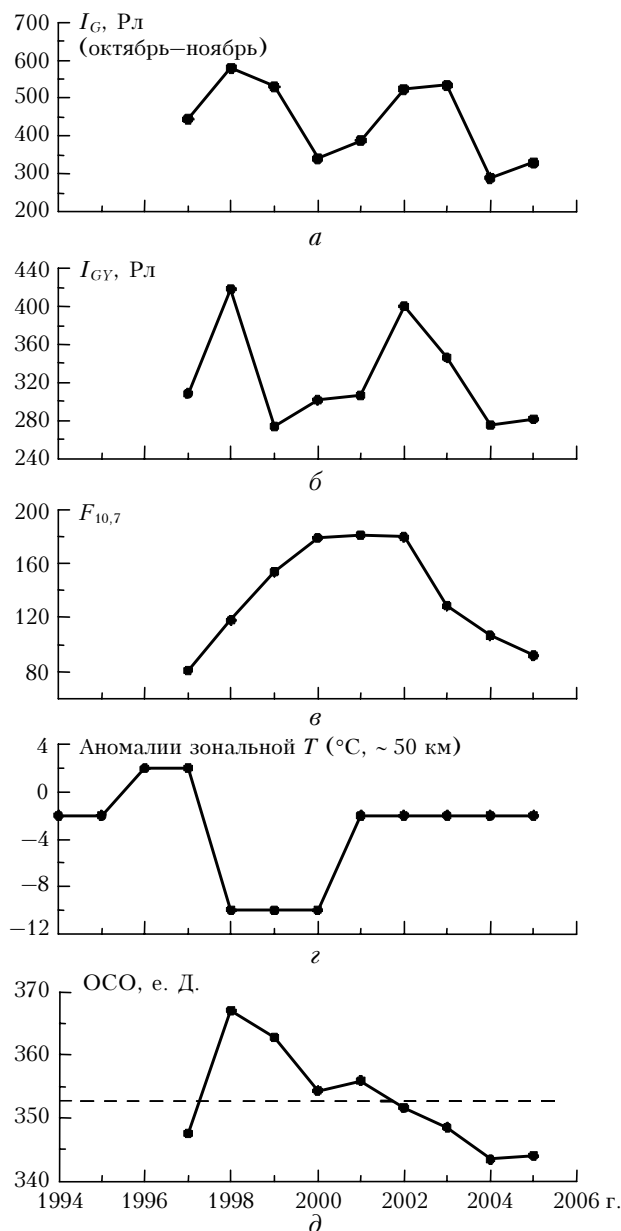


Рис. 4. Вариации: средних значений  $I_G$  за октябрь и ноябрь для каждого года (а); среднегодовых значений  $I_G$  (б); среднегодовых значений  $F_{10,7}$  (в); аномалий зональной температуры для широт  $60$ – $90^\circ$  с.ш. (г); среднегодовых значений ОСО (д). Штриховой линией указано среднее многолетнее значение ОСО для рассматриваемого региона

Для исследований вариаций ОСО использовались спутниковые данные TOMS (<http://jwocky.gsfc.nasa.gov>). Использовались суточные значения ОСО для ближайших к Геофизической обсерватории координат, которые затем усреднялись за месяцы и годы.

О связи стратосферной и мезосферной температуры и  $I_G$  можно сказать следующее. Эффект увеличения  $I_G$  во время стратосферных потеплений в зимне-весенний период хорошо известен [13]. Следует отметить, что согласно работе [14] вклад этого эффекта в среднемесячные значения  $I_G$  для региона Восточной Сибири, где расположена Геофизическая обсерватория ИСЗФ, может быть более значимым по сравнению с другими среднеширотными станциями. Кроме того, мы обратили внимание, что периоды увеличения  $I_G$  в геофизической обсерватории во время стратосферных потеплений [15] хорошо коррелируют с периодами аномалий зональных температур для широт 60–90° с.ш. (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/stratosphere/strat-trop>). Зависимость  $I_G$  от мезосферной температуры отмечалась во многих работах (см., например, [16]).

Для анализа использовались многолетние данные аномалий зональных температур в средней атмосфере 1979–2005 гг., доступные по адресу: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/stratosphere/strat-trop/>. Данные представлены в виде цветных изображений с цветовым разрешением, соответствующим температуре 4°С для каждого года. В связи с этим количественные данные могли быть получены с дискретностью 4°С. Мы использовали данные по летним месяцам на верхнем диапазоне измеряемых высот в районе 50 км (нижняя мезосфера), так как летом межсуточные вариации температуры мезосферы минимальные.

Среднегодовые значения интенсивности эмиссии 557,7 нм  $I_{GY}$  были получены усреднением среднемесячных значений  $I_G$  для каждого года.

Также анализировались средние значения  $I_G$  за октябрь и ноябрь, когда отмечается сезонный максимум этой эмиссии. Это связано с тем, что в работе [17] отмечается, что проявление солнечной активности в вариациях эмиссии 557,7 нм зависит и от сезона года. Максимальная корреляция среднемесячных значений интенсивностей 557,7 нм с уровнем солнечной активности, всегда оставаясь положительной, отмечается в марте–апреле, резко уменьшается летом в середине года и снова возрастает ко времени осеннего равноденствия. Однако в период осеннего максимума интенсивности в октябре–ноябре корреляция снова ослабевает. При этом указанная в работе [17] высота излучающего слоя эмиссии 557,7 нм в периоды минимальной корреляции в летний период и период октябрьского сезонного максимума принимает минимальные значения — 94–100 км. В этом случае на вариации эмиссии в период осеннего максимума может существенным образом влиять динамика нижележащей атмосферы в области мезосферы и стратосферы.

Сопоставление среднегодовых значений  $I_{GY}$  и индекса  $F_{10,7}$ , представленных на рис. 4, позволяет под-

твердить вывод, полученный при анализе среднемесячных значений  $I_G$  и индекса  $F_{10,7}$  о положительной корреляции  $I_G$  и индекса  $F_{10,7}$  на спаде солнечной активности (2002–2006 гг.). На фазе роста солнечной активности, включая максимум, корреляция  $I_G$  и индекса  $F_{10,7}$  отсутствует.

Поведение  $I_G$  и  $I_{GY}$  на рис. 4 можно объяснить как результат наложения нерегулярного возмущения длительностью ~2–3 года на основную гармонику  $I_G$ , связанную с солнечной активностью (~11 лет). О существовании возмущений атмосферных параметров на уровне стратосферы и мезосферы с длительностью ~2–3 года указывают кривые на рис. 4, з, д, отражающие поведение мезосферной температуры и ОСО. В этой интерпретации необходимо объяснить задержку в 1 год между возмущениями величин температуры, ОСО и  $I_G$ . Возможно, это обусловлено процедурой усреднения годовых значений сравниваемых величин.

Относительно 11-летних колебаний эмиссии 557,7 нм можно заметить следующее. Обычно в многолетних вариациях эмиссии  $I_G$  в средних широтах присутствуют 11-летние (~20–30%), ~5,5-летние (~5%) и квазидвухлетние (~10%) колебания [18]. В экваториальных широтах основной гармоникой является квазидвухлетняя [13]. Приведенные на рис. 4 вариации  $I_G$  могут быть интерпретированы вариациями, близкими к 5,5-летним. Их амплитуда составляет ~20% (~ ± 70 Рл) от средней величины (~340 Рл). В этом случае гармоника 5,5-летних колебаний вариаций  $I_G$  является основной.

Появление 5,5-летней гармоники вариаций  $I_G$  в качестве основной также может быть результатом усиления в этом частотном диапазоне влияния нижележащей атмосферы в анализируемый интервал времени. На графике аномалии зональной температуры (рис. 4, з) ~5,5-летний период выделяется достаточно хорошо. Следует особо отметить, что приведенные на графике аномалии зональных температур в 1998–2000 гг. являются наибольшими за весь 25-летний период наблюдений (1979–2006 гг.). Можно предположить, что нарушение температурного режима средней атмосферы в 1998–2000 гг. распространялось и на большие высоты, достигая высот высвечивания эмиссии 557,7 нм. Для этих же годов отмечается наблюдение явления Эль-Ниньо и максимальных аномальных значений глобальной температуры ([http://www.globalwarmingart.com/wiki/Image:Short\\_Instrumental\\_Temperature\\_Record.png](http://www.globalwarmingart.com/wiki/Image:Short_Instrumental_Temperature_Record.png)). С явлением Эль-Ниньо связывают нарушение общей циркуляции атмосферы.

Колебания с периодами ~5,5 лет для эмиссии 557,7 нм отмечались и в других работах [7]. В этом случае интересным представляется выводы работы [19], основанные на многолетних наблюдениях сумеречного свечения атмосферы. Согласно этой работе в интервале высот 40–300 км основные компоненты сумеречной атмосферы претерпевают долгопериодные колебания с периодами 4,5–6 и 11 лет. Причем ниже 100 км преобладают колебания с периодами 5–6 лет,

а выше с периодами 11 лет. Амплитуда 5–6-летних колебаний уменьшается с ростом высоты.

Таким образом, наличие аномалий в температурном режиме нижней мезосферы в 1998–2000 гг., характер поведения ОСО в стратосфере в 1998–1999 гг., указания на достаточно эффективное влияние термодинамического режима стратосферы в периоды температурных возмущений на вариации эмиссии 557,7 нм и характер поведения других атмосферных параметров на высотах высветивания этой эмиссии позволяют предварительно интерпретировать поведение эмиссии 557,7 нм как обусловленное динамическими процессами в нижележащей атмосфере.

### Заключение

Таким образом, проведенный анализ поведения ночных интенсивностей эмиссий атомарного кислорода 557,7 и 630 нм позволил получить следующие предварительные выводы.

1. В общем случае, по данным наблюдений в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН, интенсивность эмиссии 630 нм в 23-м солнечном цикле изменялась в фазе с солнечным циклом, увеличиваясь от периода низкой к периоду высокой солнечной активности. Отношение значений интенсивностей эмиссии 630 нм в максимуме и минимуме солнечной активности составило ~2,3. Вероятно, в различные солнечные циклы это отношение может варьироваться в связи с особенностями конкретных солнечных циклов.

2. В вариациях среднемесячных значений эмиссии 630 нм выделяются 2–3-летние периоды, которые, возможно, связаны с наложением не совпадающих по фазам эффектов вариаций солнечной и геомагнитной активности.

3. В течение 23-го солнечного цикла корреляция интенсивности эмиссии 557,7 нм с солнечной активностью ( $F_{10,7}$ ) имела количественно различный характер в разные фазы цикла. На фазе роста и максимума солнечной активности отмечалась отрицательная корреляция среднемесячных значений интенсивностей эмиссии 557,7 нм и индекса  $F_{10,7}$ , которая сменилась положительной корреляцией на фазе спада.

4. Нарушение корреляции среднемесячных значений интенсивностей эмиссии 557,7 нм с индексом  $F_{10,7}$  на фазе роста солнечной активности в 23-м солнечном цикле связывается с аномальным термодинамическим режимом средней атмосферы в 1998–2000 гг.

Работа выполнялась при поддержке программы Президиума РАН № 16 (часть 3) и в рамках совместного российско-болгарского проекта «Атмос».

1. Lord Rayleigh, Spencer Jones H. The light of the night sky: analysis of the intensity variations at three stations // Proc. Roy. Soc. London. A. 1935. V. 151. N 872. P. 22–55.

2. Fukuyama K. Airglow variations and dynamics in the lower thermosphere and upper mesosphere. II. Seasonal and long-term variations // J. Atmos. and Terr. Phys. 1977. V. 39. N 1. P. 1–14.

3. Гвишивили Г.В., Леценко Л.Н., Лысенко Е.В., Перов С.П., Семенов А.И., Сергеев Н.П., Фишкова Л.М., Шефов Н.Н. Многолетние тренды некоторых характеристик земной атмосферы. Результаты измерений // Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана. 1996. Т. 32. № 3. С. 329–339.

4. Фишкова Л.М., Марицваладзе Н.М., Шефов Н.Н. Закономерности вариаций эмиссии атомарного кислорода 557,7 нм // Геомагнетизм и аэрон. 2000. Т. 40. № 6. С. 107–111.

5. Midya S.K., Manna A., Tarafdar G. Variation of seasonal values of 5893Å and 5577Å night airglow intensities and ozone concentration at Calcutta with solar quantities // Czechoslovak. J. of Phys. 2002. V. 52. N 7. P. 883–891.

6. Шефов Н.Н., Семенов А.И., Юрченко О.Т. Эмпирическая модель вариаций эмиссии атомарного кислорода 630 нм. 1. Интенсивность // Геомагнетизм и аэрон. 2006. Т. 46. № 2. С. 250–260.

7. Фишкова Л.М. Ночное излучение среднеширотной верхней атмосферы Земли. Тбилиси: Мецниереба, 1983. 271 с.

8. Russell C.T., McPherron R.L. The semiannual variation of geomagnetic activity // J. Geophys. Res. 1973. V. 78. N 1. P. 92–108.

9. Barbier D. Variations de l'intensite des principales radiations de la luminescence atmospherique nocturne avec le cycle solaire // Ann. Geophys. 1965. V. 21. P. 265–274.

10. Трутце Ю.Л., Белявская В.Д. Красная кислородная эмиссия 6300Å и плотность верхней атмосферы // Геомагнетизм и аэрон. 1975. Т. XV. № 1. С. 101–104.

11. Sahai Y., Takahashi H., Bittencourt J.A., Sobrai J.H.A., Teixeira N.R. Solar cycle and seasonal variations of the low latitude OI 630 nm nightglow // J. Atmos. and Terr. Phys. 1988. V. 50. N 2. P. 135–140.

12. Garcia R.R., Solomon S. A possible relationship between interannual variability in Antarctic ozone and the Quasi-Biennial Oscillation // Geophys. Res. Lett. 1987. V. 14. N 8. P. 848–856.

13. Fukuyama K. Airglow variations and dynamics in the lower thermosphere and upper mesosphere – III. Variations during stratospheric warming events // J. Atmos. and Terr. Phys. 1977. V. 39. N 3. P. 317–331.

14. Mikhalev A.V., Medvedeva I.V., Kazimirovsky E.A., Potapov A.S. Seasonal variation of upper-atmospheric emission in the atomic oxygen 558 nm line over East Siberia // Adv. in Space Res. 2003. V. 32. N 9. P. 1787–1792.

15. Medvedeva I.V., Beletsky A.B., Mikhalev A.V., Chernigovskaya M.A., Abushenko N.A., Tashchilin S.A. Influence of Stratospheric Warming on 557,7 nm Airglow Variations // Proc. SPIE. 2006. V. 6522. P. 65222D-1–65222D-6.

16. Clemesha B.R., Takahashi H., Batista P.P., Sahai Y., Simonich D.M. The temperature dependence of airglow emissions from the upper mesosphere and lower thermosphere // Planet. Space. Sci. 1991. V. 39. N 10. P. 1397–1404.

17. Фишкова Л.М., Марицваладзе Н.М., Шефов Н.Н. Сезонные вариации зависимости эмиссии атомарного

- кислорода 557,7 нм от солнечной активности и много-  
летнего тренда // Геомагнетизм и аэрон. 2001. Т. 41.  
№ 4. С. 557–562.
18. Семенов А.И., Шефов Н.Н. Эмпирическая модель ва-  
риаций эмиссии атомарного кислорода 557,7 нм в ноч-  
ное время. 1. Интенсивность // Геомагнетизм и аэрон.  
1997. Т. 37. № 2. С. 81–90.
19. Мегрелишвили Т.Г. Закономерности вариаций рассе-  
янного света и излучения сумеречной атмосферы Зем-  
ли. Тбилиси: Мецниереба, 1981. 276 с.

*A.V. Mikhalev, I.V. Medvedeva, N.V. Kostyleva, P. Stoeva. Manifestation of solar activity in varia-  
tions of atmospheric emissions at 557.7 and 630 nm in the 23-rd solar cycle.*

We present the preliminary analysis of experimental data of nightglow observation of the atomic oxygen 557.7 nm (emitting layer height is 85–115 km) and 630 nm (180–250 km) lines emissions in the current solar cycle. The experimental data were obtained at ISTP Geophysical observatory near Irkutsk (52° N, 103° E). The 557.7 nm and 630 nm emissions observational data are compared with atmospheric, solar and geophysical parameters. Generally, the 630 nm emission intensity in the 23-rd solar cycle changed in a phase with a solar cycle, increasing from the period of low solar activity by the period of high solar activity. As for 557.7 nm emission, the difference of correlation coefficient between its intensity and  $F_{10.7}$  solar radio flux in various phases of the 23-rd solar cycle was marked. During the increasing and maximum phases the negative correlation between monthly mean 557.7 nm emission intensity and the  $F_{10.7}$  was revealed. Correlation became positive during the descending phase. Broken phase synchronism of 557.7 nm emission behaviour and  $F_{10.7}$  during the growth and maximum phase of the solar cycle is preliminary interpreted by high sensitivity of atmospheric parameters determining the 557.7 nm emission intensity to atmospheric dynamics and various disturbances including the effects from lower atmospheric layers.