

## Проявление метеорной активности потока Леониды в излучении верхней атмосферы Земли

Е.С. Комарова<sup>1,2</sup>, А.В. Михалёв<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск 664033, Россия

<sup>2</sup>Иркутский государственный университет, Иркутск 664003, Россия

E-mails: mikhalev@iszf.irk.ru, eskomarik@gmail.com

В настоящее время метеорная астрономия ставит перед исследователями перспективные научные задачи. Вторгаясь в атмосферу Земли, метеорное вещество вызывает ряд интересных явлений, изучая которые, мы можем более подробно объяснить процессы, происходящие в верхней атмосфере Земли. В работе описываются вариации эмиссий верхней атмосферы Земли (OI 557,7 нм, OH, Na), связанные с проявлением метеорной активности потока Леониды. В работе использовались данные наблюдений свечения верхней атмосферы в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН. Проводится анализ межсуточных вариаций интенсивности эмиссии OI 557,7 нм, OH, Na как в годы высокой активности метеорного потока Леониды (1998 и 2001 гг.), так и в годы средней активности потока. По данным OI 557,7 нм замечен эффект увеличения эмиссии во время сильных метеорных дождей, в то время, когда поток ведёт себя на уровне среднего, тенденция увеличения остаётся на уровне естественных межсуточных вариаций. Интенсивность эмиссии гидроксила имеет тенденцию увеличения, близкой ко времени максимума метеорного потока, в последующие несколько дней интенсивность гидроксила падает. По наблюдениям натрия с уверенностью можно выявить увеличение этой эмиссии во время действия метеорного потока. Рассматриваются возможные причины и механизмы наблюдаемых вариаций интенсивностей эмиссий в рассматриваемые периоды.

**Ключевые слова:** эмиссия, свечение, верхняя атмосфера, метеор, метеорная активность, метеорный поток, Леониды.

### Введение

Взаимодействие метеорного вещества с атмосферой Земли, с точки зрения физики атмосферы, имеет несколько аспектов, среди которых можно отметить изменение состава, физико-химических свойств атмосферы, возникновение гидродинамических возмущений, ионизация и другие (Ortiz et al., 2002; Yanagisawa et al., 2002). В связи с существованием собственного излучения атмосферы на метеорных высотах, несомненно, большой интерес представляет вопрос о возмущении излучения в периоды вторжения метеорного вещества.

Существует ряд работ, указывающих на вариации мезосферных эмиссий в периоды метеорных потоков, таких как гидроксил OH, натрий Na, OI 557.7 нм и другие (Шефов, 1970; Фишкова и Квавадзе, 1987; Kristl et al., 2000; Berezhnoy et al., 2010; Шефов и др., 2006).

В других работах такую связь не обнаруживают или отмечают, что возмущения от вхождения метеорного вещества сопоставимы с естественными вариациями атмосферных эмиссий (Brosch and Shemmer, 2000).

В последнее время особый интерес связан со спорадическими натриевыми слоями, наблюдаемыми с помощью лидаров (Dou et al., 2009; Barbieri et al., 2001; Churyumov et

al., 2012) и обнаружением в спектре свечения ночного неба окислов металлов (Evans et al., 2011).

В настоящей работе, на основе многолетних (1997-2012 гг.) наблюдений в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН излучения верхней атмосферы Земли, проводится анализ возможного проявления в вариациях атмосферных эмиссий вторжения метеорных потоков Леониды в атмосферу Земли.

### **Аппаратура и методика наблюдений**

В работе использовались данные наблюдений свечения верхней атмосферы в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (52° с.ш., 103° в.д., регион Восточной Сибири) в периоды метеорных потоков Леониды в 1998, 2001, 2003, 2006, 2009 и 2011 гг.

В 1997-2010 гг. оптические измерения проводились с помощью зенитного фотометра «Феникс», рабочие длины волн 557,7 и 630 нм и спектральные интервалы 360–410 и 720–810 нм. Эмиссионные линии атомарного кислорода ОI 557,7 и 630 нм выделялись интерференционными качающимися светофильтрами ( $\Delta\lambda_{1/2} \sim 1-2$  нм), спектральные диапазоны 360–410 и 720–830 нм – абсорбционными светофильтрами. Угловые поля зрения каналов фотометра составляли 4–5°. Абсолютная калибровка измерительных трактов аппаратуры осуществлялась в отдельные периоды по эталонным звездам и впоследствии контролировалась с помощью опорных световых источников. С 2009 г. измерения были дополнены наблюдением полос гидроксила ОН (6-2) с помощью модернизированного спектрографа СП-48, а с 2011 г. наблюдения эмиссионных линий ОI 557,7 и 630 нм и дуплета NaI 589,0-589,6 нм проводились с помощью модернизированного спектрографа ИСП-51 (SATI). В 1997-2011 гг. наблюдения проводились в течение 1-2 недель в периоды новолуний, с 2012 г. наблюдения проводятся каждую ночь.

### **Краткая характеристика метеорного потока Леониды**

Метеорный поток Леониды имеет ярко выраженную периодичность около 33 лет, соответствующую возвращением кометы-прародительницы к Солнцу. Последний раз комета прошла перигелий в 1998 году, и вновь вернётся лишь в 2031. Поток характерен быстрыми беловатыми метеорами, влетающими в атмосферу Земли со скоростью 71 км/с.

В отличие от других метеорных потоков, например Персеид, метеороиды потока Леониды не рассеяны равномерно по всей орбите, а сконцентрированы в шлейфе кометы-родоначальницы. Поэтому метеорные дожди наблюдаются, когда Земля проходит через эти сгущения («рои») приблизительно раз в 33 года. Из *табл. 1* видно, что в 1999, 2001 и

2002 годах наблюдался метеорный ливень (более 1000 метеоров в час). Сложность интерпретации состоит в том, что активность Леонид достаточно протяженная по времени (14-20 ноября), фоновый максимум размыт на 1-3 дня, в ряде случаев наблюдается не один максимум, а два, или даже три.

Таблица 1. Активность потока Леониды с 17 по 19 ноября

<i>Год</i>	<i>Дата/Время максимума (UT)</i>	<i>ZHR (<math>\pm 6\%</math>)</i>
1998	17.11/0:18	350
1999	18.11/2:15	1600
2000	18.11/7:12	480
2001	18.11/18:50	3700
2002	17.11/20:00	3000
2003	18.11/2:30	100
2004	17.11/8:25	50
2005	17.11/20:50	45
2006	19.11/04:50	64
2007	18.11/23:52	35
2008	17.11/02:03	99
2009	17.11/20:27	79
2010	18.11/01:40	32
2011	18.11/03:29	22

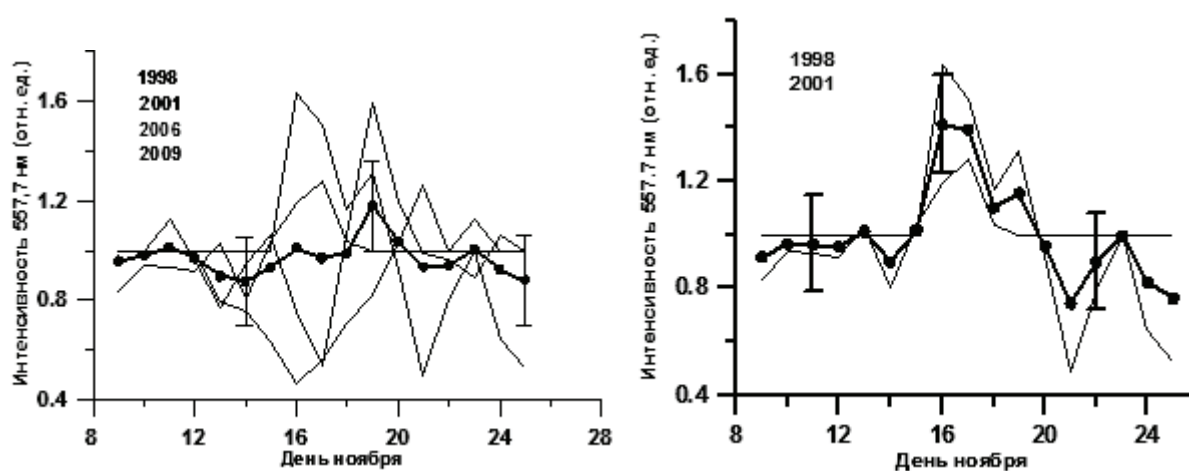
### Результаты наблюдений и обсуждение

*Эмиссия OI 557,7 нм.* За анализируемый период наблюдения эмиссии атомарного кислорода OI 557,7 нм (высоты высвечивания ~ 85-115 км) в периоды метеорных потоков Леониды проводились в 1998, 2001, 2006 и 2009 годах.

На *рис. 1* приведены нормированные вариации средних ночных интенсивностей эмиссии OI 557,7 нм ( $I_{557,7}$ ) в 1998, 2001, 2006 и 2009 годах в ноябре месяце, когда отмечается максимум потока Леониды. На *рис. 1а* приведены данные за все четыре года, а на *рис. 1б* только двух лет - 1998 и 2001 годов, когда этот поток был наиболее интенсивен, образуя явление так называемого «метеорного дождя». На *рис. 1* тонкими линиями указаны значения  $I_{557,7}$  для отдельного года, а толстыми линиями средние значения по рассматриваемым годам. Так как интервалы наблюдений в разные годы не были центрированы на дату максимума метеорного потока Леониды 17 ноября, то дни отсутствия наблюдений в отдельные годы дополнялись средними значениями по другим годам.

Анализ *рис. 1* позволяет сделать некоторые предварительные выводы. Усреднение данных наблюдений  $I_{557,7}$  по всем анализируемым годам хоть и указывает на определенную тенденцию, но не позволяет однозначно связать увеличение  $I_{557,7}$ , наблюдаемое с 14 по 19 ноября с прохождением метеорного потока Леониды, т.к. оно оказы-

вается сопоставимо со стандартным отклонением измеряемых величин. Одновременно, данные наблюдений межсуточных вариациях  $I_{557,7}$  в 1998 и 2001 годах, когда наблюдались метеорные дожди, указывают на возможный эффект увеличения  $I_{557,7}$  (до 20-60%) в период прохождения метеорного потока Леониды. Полученные результаты достаточно хорошо согласуются с результатами, приведенными в (Шефов и др., 2006), где отмечается, что в периоды максимума вторжения метеорных потоков отмечается небольшое усиление интенсивности эмиссии 557,7 нм, составляющее в среднем 20-30%. Следует отметить, что данные наблюдений в 1998 и 2001 годах являются в некотором смысле уникальными, т.к. аналогичные по интенсивности метеорные дожди Леонидов ожидаются только в 2031 г.



*Рис. 1. Вариации средних нормированных ночных интенсивностей эмиссии ОI 557,7 нм ( $I_{557,7}$ ) в 1998, 2001, 2006 и 2009 годах. Толстые кривые - средние значения за анализируемые годы. Вертикальными линиями указаны стандартные отклонения*

*Эмиссия ОН.* Наблюдения эмиссии ОН в ИСЗФ СО РАН проводятся с 2009 года по настоящее время, в 2010 году Леониды совпали с полнолунием и наблюдения не проводились. На *рис. 2* приведены нормированные вариации средних ночных интенсивностей ( $I_{ОН}$ ) полосы гидроксила ОН(6-2) в 2009 и 2011 годах. Средние значения полосы ОН(6-2) получались аналогично процедуре, описанной для эмиссии ОI 557,7 нм.

Предварительный анализ (*рис. 2*) данных наблюдений вариаций интенсивности полосы ОН(6-2), с учетом приведенных стандартных отклонений, позволяет отметить особенность, связанную с тенденцией увеличения  $I_{ОН}$  за несколько дней до максимума потока Леониды и последующего уменьшения  $I_{ОН}$  через несколько дней.

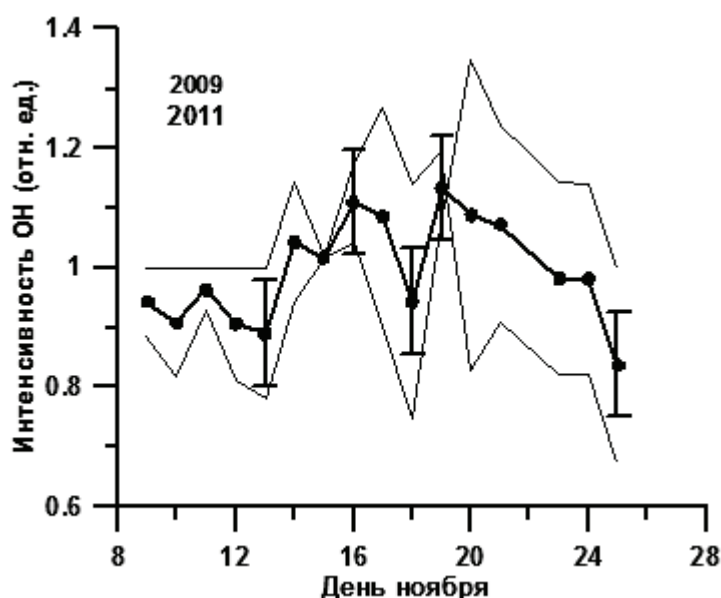


Рис. 2. Вариации средних нормированных ночных интенсивностей полосы гидроксила ОН (6-2) в 2009 и 2011 годах. Толстые кривые - средние значения за анализируемые годы. Вертикальными линиями указаны стандартные отклонения

Относительно вариаций интенсивностей полос ОН в литературе существует противоречивое мнение. Согласно работе (Шефов, 1970), в периоды появления серебристых облаков (летний период) отмечался резкий минимум интенсивности ОН в среднем через 3-4 дня после дня максимума метеорного потока Персеиды. В работе (Kristl et al., 2000) в период интенсивного метеорного потока Леониды 1999 года отмечалось незначительное увеличение интенсивности гидроксильного излучения ОН. В тоже время согласно работе (Фишкова и Квавадзе, 1987) заметного эффекта метеорной активности в вариациях ОН, как и в эмиссии 557.7 нм, не наблюдалось.

Полученные в настоящей работе данные по вариациям ОН в период прохождения метеорных потоков Леониды частично согласуются с результатами работ (Шефов, 1970; Kristl et al., 2000), но, безусловно, требуют дополнительных исследований.

*Эмиссия Na.* Наблюдения эмиссии Na (дуплет 589,0-589,6 нм) в ИСЗФ СО РАН проводятся с 2011 года по настоящее время. На рис. 3 приведены вариации интенсивности дуплета натрия NaI 589,0-589,6 нм в ноябре 2011 г. Вертикальными линиями указаны стандартные ошибки от среднего  $I_{Na}$  за ночь. Приведенные на рис. 3 данные о вариациях интенсивности дуплета натрия NaI 589,0-589,6 нм в ноябре 2011 г. в период прохождения метеорного потока Леониды достаточно уверенно позволяют сделать выводы об увеличении (до ~ 50%)  $I_{Na}$ . Полученные результаты об эффекте метеорной активности в излучении Na в общем согласуются с результатами ряда работ (Шефов, 1970; Фишкова и Квавадзе, 1987). В других работах отмечается о незначительном изменении  $I_{Na}$  (Plane et al., 2007; Gardner, 1995).

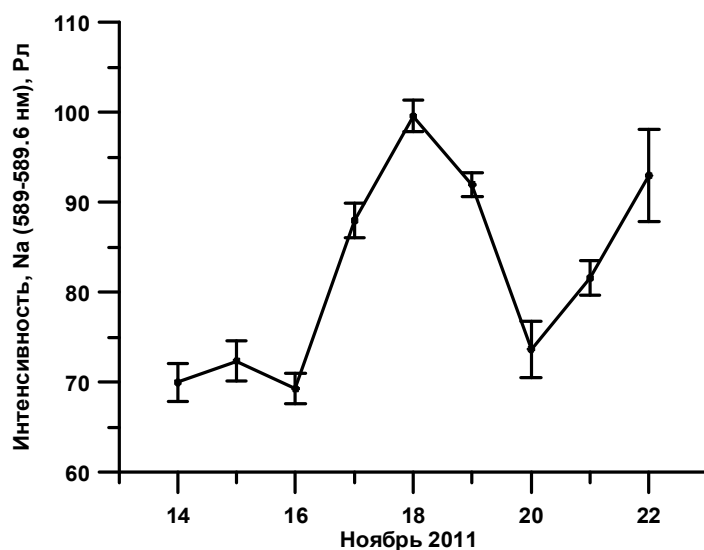


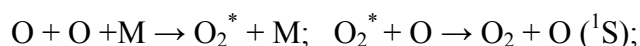
Рис. 3. Вариации средних ночных интенсивностей дуплета NaI 589,0-589,6 нм в ноябре 2011 года. Вертикальными линиями указаны стандартные ошибки от среднего

При взаимодействии метеоров с атмосферой Земли происходит ряд явлений, включающих распыление, испарение, абляцию метеорного вещества, ионизацию атмосферы и другие, которые приводят к образованию металлических паров (Na, Fe и др.), атомарного кислорода, ионов и электронов (Plane et al., 2007). Существуют, возможно, несколько механизмов, допускающих проявления эффектов метеорной активности на вариации атмосферных эмиссий на метеорных высотах. Это может быть непосредственное увеличение содержания вещества, например, атомов Na в результате вторжения метеорного вещества (Фишкова и Квавадзе, 1987), изменение скорости физико-химических реакций, при вторжении металлических частиц, ионизации и нагревании атмосферы (Шефов, 1970), образование спорадических слоев Es (Chandra et al., 2001) и др.

Следует отметить, что если высоты наибольшего взаимодействия метеорного вещества с атмосферой Земли не совпадают с высотами высвечивания атмосферных эмиссий, то необходимо некоторое время (см., например, результаты работы (Шефов, 1970)), определяемое процессами вертикального переноса и циркуляцией атмосферы, для переноса метеорного вещества или измененных под его воздействием параметров атмосферы на высоты высвечивания эмиссий.

Рассмотрим в общих чертах возможные механизмы увеличения интенсивностей наблюдаемых эмиссий.

В настоящее время считается, что эмиссия OI 557,7 нм образуется в результате механизма процесса возбуждения, предложенного С. Бартом (в литературе обсуждаются и другие механизмы возбуждения этой эмиссии, например, механизм Чепмена), представляющего собой двухступенчатый процесс (Фишкова, 1983):



где M – произвольная нейтральная молекула или атом,  $^1S$  – состояние атома кислорода, с которого происходит излучение эмиссии 557,7 нм.

В этом случае можно допустить, что усиление эмиссии 557,7 нм может происходить несколькими путями. Прежде всего, следует отметить, что количество кислорода в химическом составе метеоритов (в процентах по весу) может достигать до 29% (Воронцов-Вельяминов, 1969), и какая-то его часть в результате ионизации метеорного вещества может поступать в атмосферу. На это косвенно указывает и наличие этой эмиссионной линии в спектрах излучения метеорных следов (Abe et al., 2004; Borovička et al., 1998). Кроме того, наличие так называемых вторичных частиц метеорного происхождения (McNeil, 1998) может существенно изменить скорость протекания указанного выше процесса Барта для эмиссии 557,7 нм. В литературе обсуждаются и другие возможные механизмы возмущения эмиссии 557,7 нм метеорными потоками. Так, например, в работе (Копнин и Попель, 2007) приводится оригинальный механизм усиления эмиссии 557,7 нм во время вторжения метеорных потоков, связанный с возникновением акустико-гравитационных вихревых структур в области пылевых возмущений во время метеорных потоков, приводящих к усилению относительной интенсивности эмиссии 557,7 на величину порядка десяти процентов.

Эмиссия гидроксила OH возникает в результате реакций типа (Фишкова, 1983):



Присутствие в реакциях образования  $OH^*$  атомов и молекул кислорода позволяет допустить, что, как и для эмиссии 557,7 нм, механизмы возмущения этой эмиссии в периоды метеорных потоков могут быть связаны с изменением концентрации кислорода, изменением скоростей реакций в результате появления вторичных частиц метеорного происхождения, а также увеличение содержания влаги на метеорных высотах (Шефов, 1970).

Согласно одной из гипотез (Gadsten, 1968), постоянно присутствующий в верхней атмосфере на высотах 80–105 км и излучающий резонансный дублет 589,0–589,6 нм слой атомного натрия обязан своему происхождению метеорному вторжению. Его возбуждение в ночной период суток осуществляется в реакциях окисления и восстановления озона и кислородом (Фишкова, 1983). В этом случае увеличение интенсивности Na в периоды вторжения метеорных потоков может быть связано как непосредственно с внесением натрия в атмосферу Земли метеорным веществом, так и изменением скоростей реакций образования  $Na^*$ , в процессах, указанных выше для эмиссии 557,7 нм и OH.

В заключение следует отметить, что многие вопросы вторжения метеорного вещества в атмосферу Земли, механизмы и результаты этого взаимодействия, включая и вопросы возмущения атмосферных эмиссий, в настоящее время мало изучены, представляют большой научный и практический интерес и требуют дополнительных исследований. Подтверждением этого является и усиливающийся в последнее время интерес к аэрозолю и температуре на высотах мезопаузы ~ 80-85 км (Кручиненко и др., 2010), пылевой плазме с ее специфическими свойствами (см., например, (Копнин и Попель, 2007) и цитируемую там литературу), влиянию космической пыли на атмосферу и климат Земли (Ермаков и др., 2009) и другим эффектам и явлениям в атмосфере Земли на метеорных высотах.

### Выводы

1. По данным наблюдений эмиссии OI 557,7 нм выявлено существенное увеличение интенсивности этой эмиссии (до 20-60%) в период прохождения метеорного потока Леониды в 1999 и 2001 гг., когда наблюдались явления метеорных дождей. В остальные годы, когда активность потока была на уровне среднего, возможное увеличение интенсивности эмиссии OI 557,7 нм было сопоставимо с естественными межсуточными вариациями средних ночных интенсивностей этой эмиссии.
2. Предварительный анализ вариаций интенсивности гидроксила OH в 2009 и 2011 гг. позволяет отметить тенденцию увеличения интенсивности OH в период близкий к максимуму метеорного потока с последующим ее снижением в следующие дни.
3. Наблюдения эмиссии Na по данным 2011 г. также указывают на возможный эффект существенного увеличения значений интенсивности этой эмиссии, совпадающего с датой максимума метеорного потока Леониды, что хорошо согласуется с рядом работ.
4. В настоящее время механизмы воздействия метеорного вещества на вариации атмосферных эмиссий до конца не изучены. Противоречивые данные говорят о необходимости дальнейшего исследования в этой области.

Работа выполнена в рамках проекта № ОНЗ-8.2 программы РАН №8 и государственного контракта № 16.518.11.7097 «Проведение исследований верхней атмосферы в обсерватории радиофизической диагностики атмосферы с использованием УСУ «Иркутский Радар Некогерентного Рассеяния»».



## Литература

1. *Воронцов-Вельяминов Б.А.* Очерки о Вселенной // Ч. 1. Химический состав Земли и метеоритов. М.: Наука, 1969. С. 476.
2. *Ермаков В.И., Охлопков В.П., Стожков Ю.И.* Влияние космических лучей и космической пыли на атмосферу и климат Земли // Известия РАН. Серия Физическая. 2009. Т. 73. № 3. С. 434-436.
3. *Копнин С.И., Попель С.И.* Генерация инфразвуковых колебаний низкочастотными пылевыми звуковыми возмущениями в нижней ионосфере Земли // Физика плазмы. 2008. Т. 34. № 6. С. 517-526.
4. *Кручиненко В.Г., Козак П.Н., Тарануха Ю.Г., Рожило А.А., Г.М. Крученицкий, Козак Л.В., Ивченко В.Н., Белокриницкая Т.А.* // Оптика атмосферы и океана. 2010. Т. 23. № 11. С. 957-966.
5. *Фишкова Л.М.* Ночное излучение среднеширотной верхней атмосферы Земли. Тбилиси: МЕЦНИЕ-РЕБА, 1983. С. 271.
6. *Фишкова Л.М., Квавадзе К.Д.* Об эффекте метеорной активности в ночном излучении средней атмосферы // Геомагнетизм и аэрономия. 1987. Т. 27. № 5. С. 858-860.
7. *Шефлов Н.Н.* Поведение эмиссий верхней атмосферы в периоды метеорной активности // Полярные сияния и свечения ночного неба. М.: Наука, 1970. № 18. С. 21-25.
8. *Шефлов Н.Н., Семенов А.И., Хомич В.Ю.* Излучение верхней атмосферы – индикатор ее структуры и динамики. М.: ГЕОС, 2006. С. 741.
9. *Abe S., Ebizuka N., Murayama H., Ohtsuka K., Sugimoto S., Yamamoto M.-Y., Yano H., Watanabe J.-I., Borovička J.* Video and photographic spectroscopy of 1998 and 2001 Leonid persistent trains from 300 to 930 nm, Earth, Moon, and Planets, 2004, Vol. 95. P. 265-277.
10. *Barbieri, C., Benn, C.R., Cremonese, G., Verani, S., Zin, A.* Meteor showers on the lunar atmosphere. Earth, Moon, and Planets. 2001. No. 85-86. P. 479-486.
11. *Batista, P.P., Clemesha, B.R., Batista, I.S., Simonich, D.M.*: Characteristics of the sporadic sodium layers at 23 S // J. Geophysical Researches. 1989. No. 94. P. 15349-15358.
12. *Beletsky A.B., Gress O.G., Mikhalev A.V., Shalin A.Yu., Potapov A.S.* Nightglow behavior during the 16-18 November 2001 passage of the Leonids meteor stream // Advances in Space Research. 2004. Vol. 33. No. 9. P. 1486-1490.
13. *Berezhnoy A.A., Borovička J.* Formation of molecules during meteor events. Icarus. 2010. Vol. 210. P. 150-157.
14. *Borovička J., Jenniskens P.* Time resolved spectroscopy of a Leonid fireball afterglow, Earth, Moon, and Planets. 1998. Vol. 82-83. P. 399-428.
15. *Brosch N. and Shemmer O.* Airglow and meteor rates over Israel during the 1999 Leonid Shower // Earth, Moon and Planets. 2000. No. 82-83. P. 535-543.
16. *Chandra H., Sharma I S., Devasia C.V., Subbarao K.S.V., Sridharan R., Sastri J.H, Rao J.V.* Sporadic-E associated with the Leonid meteor shower event of November 1998 over low and equatorial latitudes // Annales Geophysicae. 2001. Vol. 19. P. 59-69.
17. *Churyumov K.I., Berezhny O.O., Ponomarenko V.O., Baransky O.R., Churyumova T.K., Kleshchenok V.V., Mozgova A.M., Kovalenko N.S., Shevchenko V.V., Kozlova E.A., Pakhomov Yu.V., Velikodsky Yu.I.* Observations of the non-stationary atmosphere of the Moon and some its parameters, Astronomical School's Report. 2012. Vol. 8. P. 175-181.
18. *Dou X.-K., Xue X.-H., Chen T.-D., Wan W.-X., Cheng X.-W., C. Chen T. Li., Qiu S., and Chen Z.-Y.* A statistical study of sporadic sodium layer observed by Sodium lidar at Hefei (31.8 N, 117.3 E) // Annals Geophysical. 2009. Vol. 27. P. 2247-2257.
19. *Evans W.F.J., Gattinger R. L., Broadfoot A. L., Llewellyn E. J.* The observation of chemiluminescent NiO\* emissions in the laboratory and in the night airglow // Atmospheric chemical physics. 2011. No. 11. P. 9595-9603.
20. *Gadsten M.* Sodium in upper atmosphere: meteoric origin // Atmospheric terrestrial physics. 1968. Vol. 30. No. 1. P. 151-172.
21. *Kristl J., Esplin M., Hunson T., Taylor M.* Preliminary data on variations of OH airglow during the Leonid 1999 meteor storm // Earth, Moon and Planets. 2000. No. 82-83. P. 525-534.
22. *McNeil W.J.* // Geophysical Research Letters. 1998. Vol. 103. P. 10899.
23. *Ortiz J.L., Quesada J.A., Aceituno J., Aceituno F.J., Bellot Rubio L.R.* Observation and interpretation of Leonid impact flashes on the Moon in 2001 // Astrophysical Journal. 2002. Vol. 576. P. 567-573.
24. *Plane J.M.C., Saiz-Lopez A., Allan B.J., Ashworth S.H., Jenniskens P.* Variability of the mesospheric nightglow during the 2002 Leonid storms // Advances in Space Research. 2007. Vol. 39. No. 1. P. 562-566.
25. *Gardner C. S.*, Sporadic metal layers in the upper mesosphere // Faraday Discussion. 1995. No. 100. P. 431-439.

26. Trigo-Rodriguez J. M. OH and O<sub>2</sub> airglow emissions during the 1998 Leonid outburst and the 2002 Leonid storm // *Earth, Moon and Planets*. 2003. P. 191-201.
27. Yanagisawa M., Kisaichi N. Lightcurves of 1999 Leonid impact flashes on the Moon. *Icarus*. 2002. Vol. 159. P. 31-38.

## Effect of meteoric activity of the Leonid stream on the emission of the upper Earth's atmosphere

E.S. Komarova<sup>1,2</sup>, A.V. Mikhalev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Solar-Terrestrial Physics, Irkutsk 664033, Russia*

<sup>2</sup>*Irkutsk State University, Irkutsk 664003, Russia*

*E-mails: mikhalev@iszf.irk.ru, eskomarik@gmail.com*

Meteoric astronomy sets perspective scientific tasks for researchers today. Interfering in Earth atmosphere, the meteoric substance causes a number of interesting phenomena, studying which we can explain processes in the upper atmosphere of Earth in more detail.

This paper considers the Earth's upper atmosphere emission (OI 557,7 nm, OH, Na) variations caused by the Leonids meteoroid flux. We have used airglow observations by the Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS Geophysical Observatory. Interdiurnal variations in the OI 557,7 nm, OH, Na emission intensity are analyzed both for years of high activity of the Leonids meteoroid flux (1998 and 2001) and for years of its medium activity. Emission intensity of hydroxyl tends to increase by the time of the meteoric stream maximum, falling dawn over subsequent several days. We can reveal the increase of sodium during action of a meteoric stream.

We discuss possible reasons and mechanisms for the observed emission intensity variations in the periods considered.

**Keywords:** emission, glow, upper atmosphere, meteor, meteor activity, meteoric stream, Leonids.

### References

1. Vorontsov-Vel'yaminov B.A., *Ocherki o Vselennoi* (Sketches about the Universe), Vol. 1, Moscow: Nauka, 1969, 476 p.
2. Ermakov V.I., Okhlopkov V.P., Stozhkov Yu.I., Vliyanie kosmicheskikh luchej i kosmicheskoi pyli na atmosferu i klimat Zemli (Influence of space beams and a space dust on the Earth atmosphere and climate), *Izvestiya RAN, Seriya Fizicheskaya*, 2009, Vol. 73, No. 3, pp. 434-436.
3. Kopnin S.I., Popel' S.I., Generatsiya infrazvukovykh kolebaniy nizkochastotnymi pylevymi zvukovymi voz-mushcheniyami v nizhnei ionosfere Zemli (Generation of infrasonic fluctuations by low-frequency dust sound indignations in the bottom ionosphere of Earth), *Fizika plazmy*, 2008, Vol. 34, No. 6, pp. 517-526.
4. Kruchinenko V.G., Kozak P.N., Taranukha Yu.G., Rozhilo A.A., Kruchenitskii G.M., Kozak L.V., Ivchenko V.N., Belokrinitskaya T.A., Izluchenie verkhnei atmosfery Zemli (Radiation of the upper Earth atmosphere), *Optika atmosfery i okeana*, 2010, Vol. 23, No. 11, pp. 957-966.
5. Fishkova L.M., *Nochnoe izluchenie sredneshirotnoi verkhnei atmosfery Zemli* (Night radiation of the middle-latitude upper Earth atmosphere), Tbilisi: METsNIEREBA, 1983, 271 p.
6. Fishkova L.M., Kvavadze K.D., Ob effekte meteornoj aktivnosti v nochnom izluchenii srednei atmosfery (On the effect of meteoric activity in the night radiation of the average atmosphere), *Geomagnetizm i aeronomiya*, 1987, Vol. 27, No. 5, pp. 858-860.
7. Shefov N.N., Povedenie emissii verkhnei atmosfery v periody meteornoj aktivnosti (Behavior of emission of the upper atmosphere during periods of meteoric activity), *Polyarnye siyaniya i svecheniya nochnogo neba*, Moscow: Nauka, 1970, No. 18, pp. 21-25.
8. Shefov N.N., Semenov A.I., Khomich V.Yu., *Izluchenie verkhnei atmosfery – indikator ee struktury i dinamiki* (Radiation of the upper atmosphere – the indicator of structure and dynamics), Moscow: GEOS, 2006, 741 p.
9. Abe S., Ebizuka N., Murayama H., Ohtsuka K., Sugimoto S., Yamamoto M.-Y., Yano H., Watanabe J.-I., Borovička J., Video and photographic spectroscopy of 1998 and 2001 Leonid persistent trains from 300 to 930 nm, *Earth, Moon, and Planets*, 2004, Vol. 95, pp. 265-277.

10. Barbieri C., Benn C.R., Cremonese G., Verani S., Zin A., Meteor showers on the lunar atmosphere, *Earth, Moon, and Planets*, 2001, Vol. 85-86, pp. 479-486.
11. Batista P.P., Clemesha B.R., Batista I.S., Simonich D.M., Characteristics of the sporadic sodium layers at 23 S, *Geophysical Researches*, 1989, No. 94, pp. 15 349-15 358.
12. Beletsky A.B., Gress O.G., Mikhalev A.V., Shalin A.Yu., Potapov A.S., Nightglow behavior during the 16-18 November 2001 passage of the Leonids meteor stream, *Advances in Space Researches*, 2004, Vol. 33, No. 9, pp. 1486-1490.
13. Berezchnoy A.A., Borovička J., Formation of molecules during meteor events, *Icarus*, 2010, Vol. 210, pp. 150-157.
14. Borovička J., Jenniskens P., Time resolved spectroscopy of a Leonid fireball afterglow, *Earth, Moon, and Planets*, 1998, Vol. 82-83, pp. 399-428.
15. Brosch N., Shemmer O., Airglow and meteor rates over Israel during the 1999 Leonid Shower, *Earth, Moon and Planets*, 2000, No. 82-83, pp. 535-543.
16. Chandra H., Sharma S., Devasia C.V., Subbarao K.S., Sridharan R.V., Sastri J. H, Rao J. V., Sporadic-E associated with the Leonid meteor shower event of November 1998 over low and equatorial latitudes, *Annales Geophysicae*, 2001, Vol. 19, pp. 59-69.
17. Churyumov K.I., Berezchny O.O., Ponomarenko V.O., Baransky O.R., Churyumova T.K., Kleshchenok V.V., Mozgova A.M., Kovalenko N.S., Shevchenko V.V., Kozlova E.A., Pakhomov Yu.V., Velikodsky Yu.I., Observations of the non-stationary atmosphere of the Moon and some its parameters, *Astronomical School's Report*, 2012, Vol. 8, pp. 175-181.
18. Dou X.-K., Xue X.-H., Chen T.-D., Wan W.-X., Cheng X.-W., C. Chen T.-Li., Qiu S., Chen Z.-Y., A statistical study of sporadic sodium layer observed by Sodium lidar at Hefei (31.8 N, 117.3 E), *Annales Geophysicae*, 2009, Vol. 27, pp. 2247-2257.
19. Evans W.F.J., Gattinger R.L., Broadfoot A.L., Llewellyn E.J., The observation of chemiluminescent NiO\* emissions in the laboratory and in the night airglow, *Atmospheric chemical physics*, 2011, No. 11, pp. 9595-9603.
20. Gadsten M., Sodium in upper atmosphere: meteoric origin, *Atmospheric terrestrial physics*, 1968, Vol. 30, No. 1, pp. 151-172.
21. Kristl J., Esplin M., Hunson T., Taylor M., Preliminary data on variations of OH airglow during the Leonid 1999 meteor storm, *Earth, Moon and Planets*, 2000, No. 82-83, pp. 525-534.
22. McNeil W.J., *Geophysical Research Letters*, 1998, Vol. 103, p. 10899.
23. Ortiz J.L., Quesada J.A., Aceituno J., Aceituno F.J., Bellot Rubio L.R., Observation and interpretation of Leonid impact flashes on the Moon in 2001, *Astrophysical Journal*, 2002, Vol. 576, pp. 567-573.
24. Plane J.M.C., Saiz-Lopez A., Allan B.J., Ashworth S.H., Jenniskens P., Variability of the mesospheric nightglow during the 2002 Leonid storms, *Advances in Space Researches*, 2007, Vol. 39, pp. 562-566.
25. Gardner C.S., Sporadic metal layers in the upper mesosphere, *Faraday Discussion*, 1995, No. 100, pp. 431-439.
26. Trigo-Rodriguez J.M., OH and O2 airglow emissions during the 1998 Leonid outburst and the 2002 Leonid storm, *Earth, Moon and Planets*, 2003, pp. 191-201.
27. Yanagisawa M., Kisaichi N., Lightcurves of 1999 Leonid impact flashes on the Moon, *Icarus*, 2002, Vol. 159, pp. 31-38.