

УДК 551.510

# Оптические характеристики ночного неба в Восточной Сибири после падения Челябинского метеорита. II. Собственное излучение верхней атмосферы Земли

А.В. Михалев<sup>1</sup>, С.В. Подлесный<sup>1</sup>, Н.В. Костылева<sup>1</sup>, Е.С. Комарова<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН  
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 126а, а/я 291

<sup>2</sup>Иркутский государственный университет  
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1

Поступила в редакцию 14.04.2015 г.

Приводятся результаты исследования вариаций собственного излучения верхней атмосферы в эмиссионных линиях атомарного кислорода ОI 557,7 и ОI 630 нм и натрия NaI 589,0–589,6 нм в Восточной Сибири после падения Челябинского метеорита 15 февраля 2013 г. В первые ночи в вариациях эмиссий ОI 557,7 и ОI 630 нм и NaI 589,0–589,6 нм отмечаются особенности, связанные с изменениями средних ночных интенсивностей (уменьшение для эмиссии ОI 557,7 нм, увеличение для эмиссии NaI 589,0–589,6 нм) и ночных ходов этих эмиссий. В течение последующего месяца после падения Челябинского метеорита отмечаются интервалы с тенденцией увеличения интенсивностей эмиссий ОI 557,7 нм и NaI 589,0–589,6 нм по сравнению с предшествующими периодами. Характер некоторых отмеченных особенностей вариаций эмиссий ОI 557,7 нм, ОI 630 нм и NaI 589,0–589,6 нм в анализируемый период не исключает их возможной связи с падением Челябинского метеорита 15 февраля 2013 г.

*Ключевые слова:* Челябинский метеорит, яркость ночного неба, собственное излучение атмосферы, эмиссии верхней атмосферы; Chelyabinsk meteorite, night sky brightness, airglow, emissions of the upper atmosphere.

## Введение

Вторжение метеорной пыли, метеорных потоков и крупных метеорных тел в атмосферу Земли приводит кроме явлений метеоров и болидов к ряду других оптических явлений в верхней атмосфере Земли. Например, выполнено достаточно большое количество исследований, результаты которых указывают на вариации собственного излучения верхней атмосферы в отдельных эмиссионных линиях во время прохождения Землей метеорных потоков [1–4]. Наиболее мощным по своему воздействию на атмосферу является феномен Тунгусского болида 30 июня 1908 г. [5], когда на протяжении нескольких дней над обширной территорией Европы и европейской частью России отмечались аномально светлые ночи. В начале XX в. еще не существовало представлений о собственном излучении верхней атмосферы Земли, и, естественно, не проводилась его регистрация. Но во время тунгусского события были зарегистрированы интенсивные серебристые облака [5], область высот которых совпадает с высотами высвечивания некоторых мезосферных эмиссий атмосферных составляющих натрия, гидроксила и атомарного кислорода (Na, OH, OI

557,7 нм). Последнее обстоятельство позволяет предположить о возможных возмущениях в мезосферных эмиссиях во время этого события. Подтверждением такого предположения, в частности, служат результаты работы [1], в которой отмечается усиление эмиссии OH в 1,5–2 раза во время появления серебристых облаков.

В связи с этим пролет и взрыв в атмосфере Земли на территории России 15 февраля 2013 г. крупного метеороида «Челябинск» представляет собой уникальное событие для физики и оптики атмосферы Земли и, в частности, для интерпретации оптических эффектов, связанных с входом в атмосферу Тунгусского метеороида. Следует отметить, что за последние более чем 100 лет это второе по величине тело после Тунгусского.

Ранее нами было проведено исследование суммарной яркости ночного неба в регионе Восточной Сибири после падения Челябинского метеорита [6]. В настоящей статье представлены результаты исследования вариаций собственного излучения верхней атмосферы в эмиссионных линиях ОI 557,7 и ОI 630 нм и NaI 589,0–589,6 нм.

## 1. Аппаратура и методика наблюдений

В Геофизической обсерватории (ГФО) ИСЗФ СО РАН (52° с.ш., 103° в.д.) с 1997 г. и по настоящее время ведутся регулярные наблюдения яркости ночного неба и собственного излучения

\* Александр Васильевич Михалев (mikhalev@iszf.irk.ru); Степан Витальевич Подлесный (step8907@mail.ru); Надежда Валерьевна Костылева (k-nad@iszf.irk.ru); Евгения Сергеевна Комарова (eskomarik@gmail.com).

верхней атмосферы Земли. Эти наблюдения осуществляются с помощью комплекса фотометров, спектрографов и CCD-камер. В феврале 2013 г. проводились измерения яркости ночного неба и собственного излучения верхней атмосферы Земли в линиях атомарного кислорода ОI 557,7 (максимум высоты высвечивания ~97 км) и ОI 630 нм (~250 км), дуплета натрия NaI 589,0–589,6 нм (~92 км), в эмиссионных инфракрасных полосах молекул гидроксила OH (~87 км) и кислорода O<sub>2</sub> (~97 км). Интегральная яркость ночного неба измерялась с помощью цветной широкоугольной камеры FILIN-1C (<http://atmos.iszf.irk.ru/ru/data/color>). Спектральные измерения осуществлялись спектрометром SATI-1M (<http://atmos.iszf.irk.ru/ru/data/spectr>), однако наблюдения этим спектрометром 16 и 17 февраля 2013 г. по техническим причинам не проводились, в связи с чем данные за эти ночи отсутствуют.

## 2. Данные оптических наблюдений и их анализ

### 2.1. Характеристики атмосферных эмиссий в первые дни после падения Челябинского метеорита

Эмиссионные линии ОI 557,7 и ОI 630 нм и NaI 589,0–589,6 нм относятся к области мезосферы – нижней термосферы. При этом эмиссии ОI 557,7 нм

и NaI 589,0–589,6 нм захватывают и мезосферу, и нижнюю термосферу, в то время как эмиссия ОI 630 нм высвечивается на высотах нижней термосферы.

Ниже на рис. 1–3 приведены данные наблюдений собственного излучения верхней атмосферы Земли в эмиссионных линиях ОI 557,7 нм, NaI 589,0–589,6 нм и ОI 630 нм соответственно, полученные с помощью патрульного спектрометра SATI-1M в предшествующие и первые дни после падения Челябинского метеорита.

#### 2.1.1. Эмиссия атомарного кислорода ОI 557,7 нм

Анализ данных, приведенных на рис. 1, позволяет выявить две особенности в вариациях интенсивности  $I$  атмосферной эмиссии ОI 557,7 нм: минимальное относительно предыдущих и последующих ночей среднее значение интенсивности эмиссии ОI 557,7 нм 15 февраля 2013 г. и изменение ночного хода этой эмиссии в эту и последующие ночи. Согласно [7] ночной ход интенсивности эмиссии ОI 557,7 нм сильно варьируется в разные ночи, но в большинстве случаев максимум интенсивности эмиссии регистрируется в полночь и достаточно хорошо выделяется при усреднении за большое количество ночей. Этот максимум (с амплитудой ~20%) связывается с модой  $S_4^2$  солнечного термического

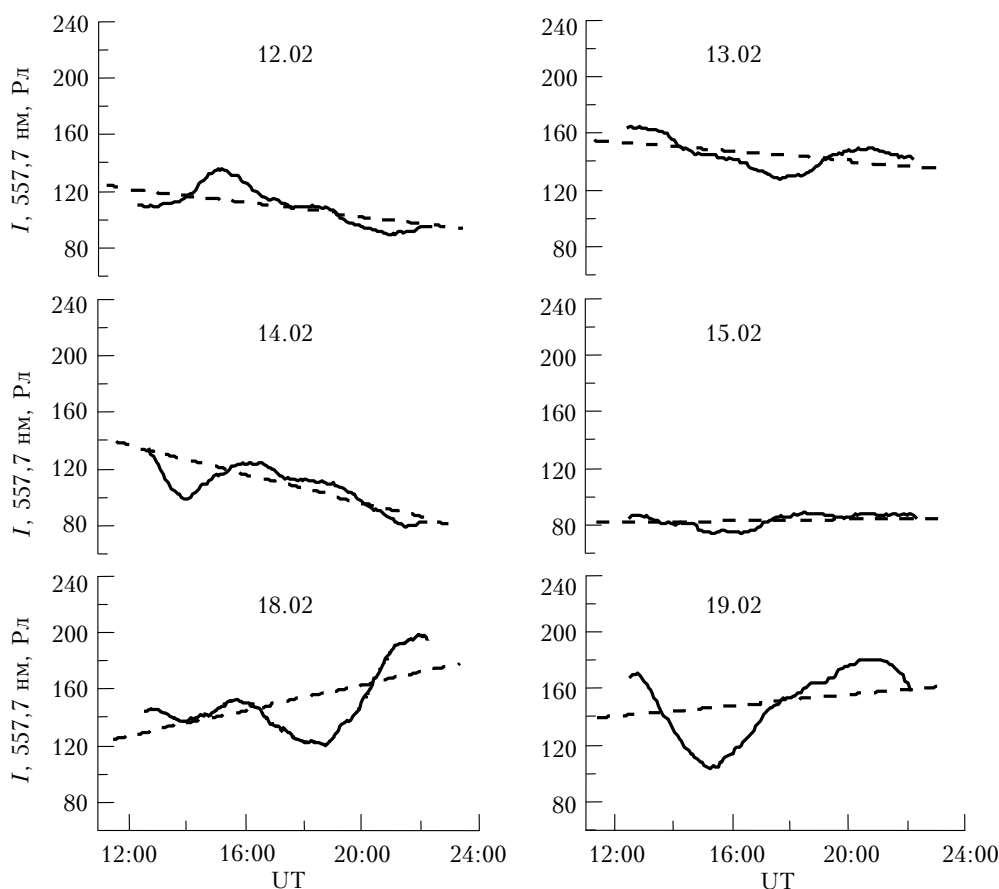


Рис. 1. Вариации собственного излучения верхней атмосферы Земли в эмиссионной линии атомарного кислорода ОI 557,7 нм 12–19 февраля 2013 г.

полусуточного прилива. Реально наблюдаемые вариации интенсивности эмиссии OI 557,7 нм в конкретные ночи могут существенно отличаться под влиянием нерегулярных возмущений в верхней атмосфере. Нерегулярные вариации интенсивности эмиссии OI 557,7 нм, связанные, в частности, с распространением внутренних гравитационных волн (ВГВ) на высотах высвечивания эмиссии OI 557,7 нм, достигают 30% и более, что вызывает маскирование ночного максимума этой эмиссии. Таким образом, вид ночного хода интенсивности эмиссии OI 557,7 нм может указывать на наличие или отсутствие нерегулярных возмущений, например типа ВГВ, которые в условиях выраженного орографического эффекта существенно зависят от циркуляции и термодинамического режима ниже лежащей атмосферы.

Снижение среднего значения интенсивности эмиссии OI 557,7 нм 15 февраля 2013 г. относительно соседних дней, вероятно, нельзя объяснить только изменением прозрачности атмосферы в эту ночь [6], так как согласно [8] коэффициенты поглощения излучения в этом спектральном диапазоне имеют минимальные значения.

Указанные изменения характеристик этой эмиссии (снижение средней ночной интенсивности, изменение типа ночного хода) иногда отмечаются после землетрясений [9, 10]. Пространственный масштаб возмущений параметров верхней атмосферы и ионосферы при землетрясениях может достигать тысяч километров [11]. В связи с этим интересно отметить, что падение метеорита «Челябинск» сопровождалось сейсмическим эффектом, эквивалентным землетрясению магнитудой 3–4 балла [12]. Предыдущее подобное явление – падение Тунгусского метеорита – оценивается в 5 баллов. К настоящему времени остаются неясными механизмы влияния сейсмической активности на эмиссии верхней атмосферы и высказываются лишь отдельные гипотезы (см., например, [9]).

В связи с наблюдаемым изменением ночного хода эмиссии OI 557,7 нм интересным представляется факт, отмеченный в [7], о подобии ночного хода эмиссии OI 557,7 нм на станциях, расположенных на одной широте, но разнесенных по долготе на тысячи километров.

Указанные выше особенности поведения характеристик эмиссии OI 557,7 нм (уменьшение средней ночной интенсивности 15 февраля, нарушение/изменение ночного хода) могут быть, вероятно, обусловлены локальными или глобальными возмущениями циркуляции атмосферы на высотах страто- и мезосферы, которые оказывают существенное влияние на распространение ВГВ и, как следствие, на характеристики эмиссий мезопаузы [13, 14].

### 2.1.2. Эмиссия дуплета NaI 589,0–589,6 нм

Анализ данных поведения эмиссии NaI 589,0–589,6 нм также позволяет выделить особенности ее межсуточных вариаций. Согласно [7] эмиссия NaI, как и эмиссия OI 557,7 нм, имеет выраженный регулярный ночной ход, обусловленный солнечной

термической приливной волной. Однако в отличие от эмиссии OI 557,7 нм, в ночном ходе эмиссии NaI отмечается минимум вблизи местной полуночи. Околополуночный минимум интенсивности эмиссии NaI достаточно хорошо выделяется для данных 14 и 15 февраля 2013 г., приведенных на рис. 2.

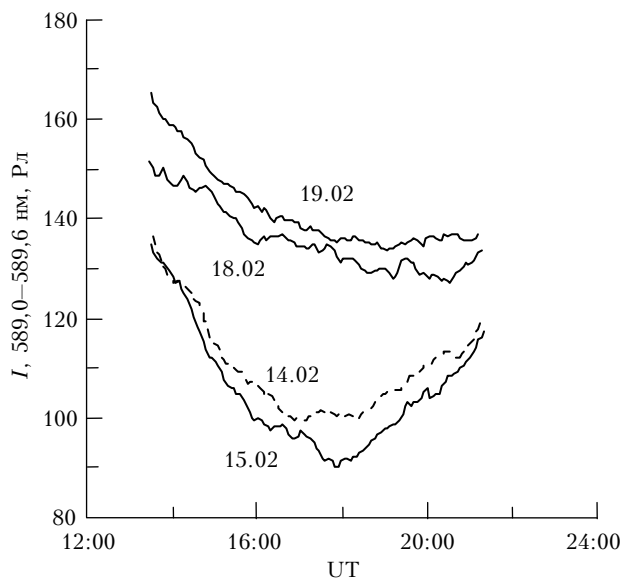


Рис. 2. Вариации собственного излучения верхней атмосферы Земли в эмиссии NaI 589,0–589,6 нм 14–15 и 18–19 февраля 2013 г.

В то же время 18 и 19 февраля 2013 г. этот минимум выражен слабо, а средние значения интенсивностей для этих ночей оказываются больше предшествующих анализируемых дней. И в отличие от эмиссии OI 557,7 нм, для которой изменения в средних ночных значениях и в характере ночного хода можно отметить уже в первую ночь после падения метеорита 15 февраля 2013 г., аналогичные особенности в эмиссии NaI отмечаются позже (18 и 19 февраля 2013 г.). Существует некоторая сложность в интерпретации поведения эмиссии NaI 18 и 19 февраля 2013 г., связанная с наличием растущей Луны (~50 и 60% соответственно). Тем не менее данные, полученные в эти дни в предрассветные часы, когда Луна уже скрывалась за горизонтом, позволяют утверждать об увеличении средней интенсивности эмиссии NaI 589,0–589,6 нм по сравнению с предыдущими днями.

Анализ поведения излучения дуплета натрия NaI 589,0–589,6 нм в связи с метеорной активностью имеет принципиальное значение применительно к проблеме появления Na в верхней атмосфере. В настоящее время обсуждаются два механизма поступления Na в верхнюю атмосферу: за счет процессов испарения Na с поверхности океанов и последующего его переноса в результате глобальной циркуляции атмосферы и за счет вторжения метеорного вещества. Для нас, безусловно, представляет интерес второй механизм поступления Na в верхнюю атмосферу – за счет вторжения метеорного вещества. В литературе имеются публикации, ука-

зывающие на увеличение излучения NaI 589,0–589,6 нм после прохождения метеорных потоков. Так, согласно [2], интенсивность эмиссии Na увеличивалась через 3–4 дня примерно в 1,5 раза после прохождения метеорного потока Персеиды. Увеличение интенсивности эмиссии Na после прохождения метеорных потоков отмечалось и в работе [1].

Интересным представляется факт регистрации через несколько дней после падения Челябинского метеорита аномальных серебристых облаков 19 и 20 февраля 2013 г. (<http://meteoweb.ru/astro/nc19022013.php>). Этот факт может указывать на наличие на высотах верхней мезосферы возмущений в химическом составе и физико-химических реакций и служить косвенным подтверждением увеличения интенсивности эмиссии Na 18 и 19 февраля за счет увеличения содержания Na или изменения соответствующих физико-химических реакций, ответственных за возбуждение этой эмиссии.

### 2.1.3. Эмиссия атомарного кислорода OI 630 нм

Эмиссия атомарного кислорода OI 630 нм в спокойных геомагнитных условиях характеризуется исключительно регулярным ночным ходом, что обусловлено локализацией эмиссии на высотах нижней термосферы (~180–300 км). На этих высотах в отличие от мезосферы (эмиссии OI 557,7 нм и NaI 589,0–589,6 нм) в меньшей степени проявляются возмущения нижележащей атмосферы. Согласно [7] интенсивность эмиссии 630 нм во все сезоны уменьшается от 200–300 Рл в начале ночи до 30–50 Рл около полуночи. До 22–23 ч местного времени уменьшение идет быстро, а затем замедляется и после полуночи меняется мало до момента местных сумерек или до момента предсумеречного усиления. Указанные общие характеристики ночного хода эмиссии 630 нм достаточно хорошо проявляются в данных наблюдений за 13 и 14 февраля 2013 г., представленных на рис. 3.

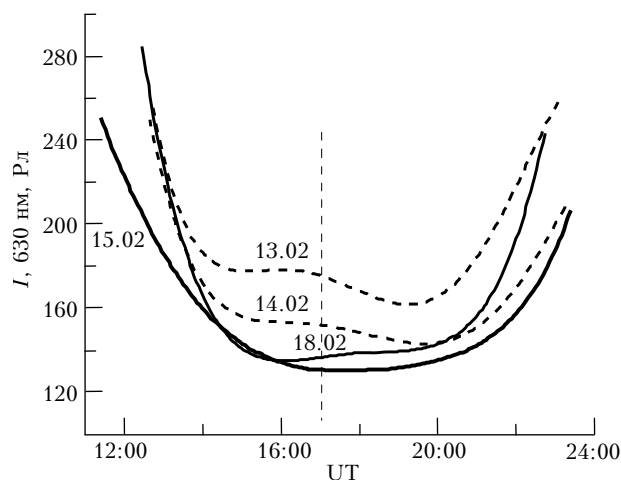


Рис. 3. Вариации собственного излучения верхней атмосферы Земли в эмиссии OI 630 нм 13–15 и 18 февраля 2013 г. Вертикальной штриховой линией указана местная полночь

Небольшое увеличение интенсивности эмиссии OI 630 нм до полуночи 13 февраля, вероятно, связано со слабым геомагнитным возмущением в этот день ( $K_p = 4$ ). Тогда как рост интенсивности этой эмиссии сразу же после полуночи 15 февраля или еще до полуночи 18 февраля 2013 г. является отклонением от типичного ночного хода.

Поведение регулярного ночного хода эмиссии OI 630 нм и его возмущения обычно связывают с состоянием и динамикой F2-слоя ионосферы, что обусловлено механизмом формирования этой эмиссии [7]. Так, согласно [15] вариации высоты F2-слоя, вызванные, в частности, изменениями направления или величины термосферных меридиональных ветров, прохождением ВГВ от мощных метеорообразований в тропосфере и стратосфере, сопровождаются нерегулярными возмущениями эмиссии OI 630 нм, которые приводят к нарушению регулярного ночного хода эмиссии 630 нм. Действительно, предварительный анализ сопоставления вариаций эмиссии OI 630 нм 13–15 и 18 февраля 2013 г. с ионосферными данными, полученными в г. Иркутске с помощью ионозонда DPS-4 [16], показал, что обсуждаемые выше моменты роста интенсивности эмиссии 630 нм, приведенные на рис. 3, приходятся на характерные моменты времени изменения высоты F2-слоя ( $H_m F2$  — высота максимума электронной концентрации F2-слоя) — начало предсумеречного снижения или прекращение вечернего роста  $H_m F2$ .

### 2.2. Характеристики атмосферных эмиссий в последующие месяцы после падения Челябинского метеорита (долгопериодные эффекты)

Интерес к долгопериодным эффектам обусловлен публикацией данных наблюдений, указывающих на сохранение существенного дополнительного аэрозольного наполнения атмосферы Северного полушария в течение первых месяцев после падения Челябинского метеорита 15 февраля 2013 г. Данные наблюдений были получены прибором для картирования профиля озона OMPS/LP, установленным на спутнике Suomi [17], оптическим спектрографом и системой инфракрасного изображения OSIRIS на спутнике Odin [18].

В связи с этим нами был проведен анализ вариаций собственного излучения верхней атмосферы Земли на больших временных масштабах. На рис. 4 представлены средние за ночь интенсивности эмиссий OI 630 нм, OI 557,7 нм и NaI 589,0–589,6 нм в период с 1-го по 90-й день 2013 г., зарегистрированные в ГФО ИСЗФ СО РАН. На рис. 4 тонкими штриховыми вертикальными линиями указаны дни новолуний, интервалы наблюдений вблизи которых не «отягощены» фоном рассеянного лунного света, который для отдельных эмиссий может существенно затруднять определение их истинных значений интенсивностей. В нашем случае такими эмиссиями являются линия OI 630 нм и дуплет натрия NaI 589,0–589,6 нм, поэтому на рис. 4 данные для этих эмиссий в отдельные дни новолуний не представлены.

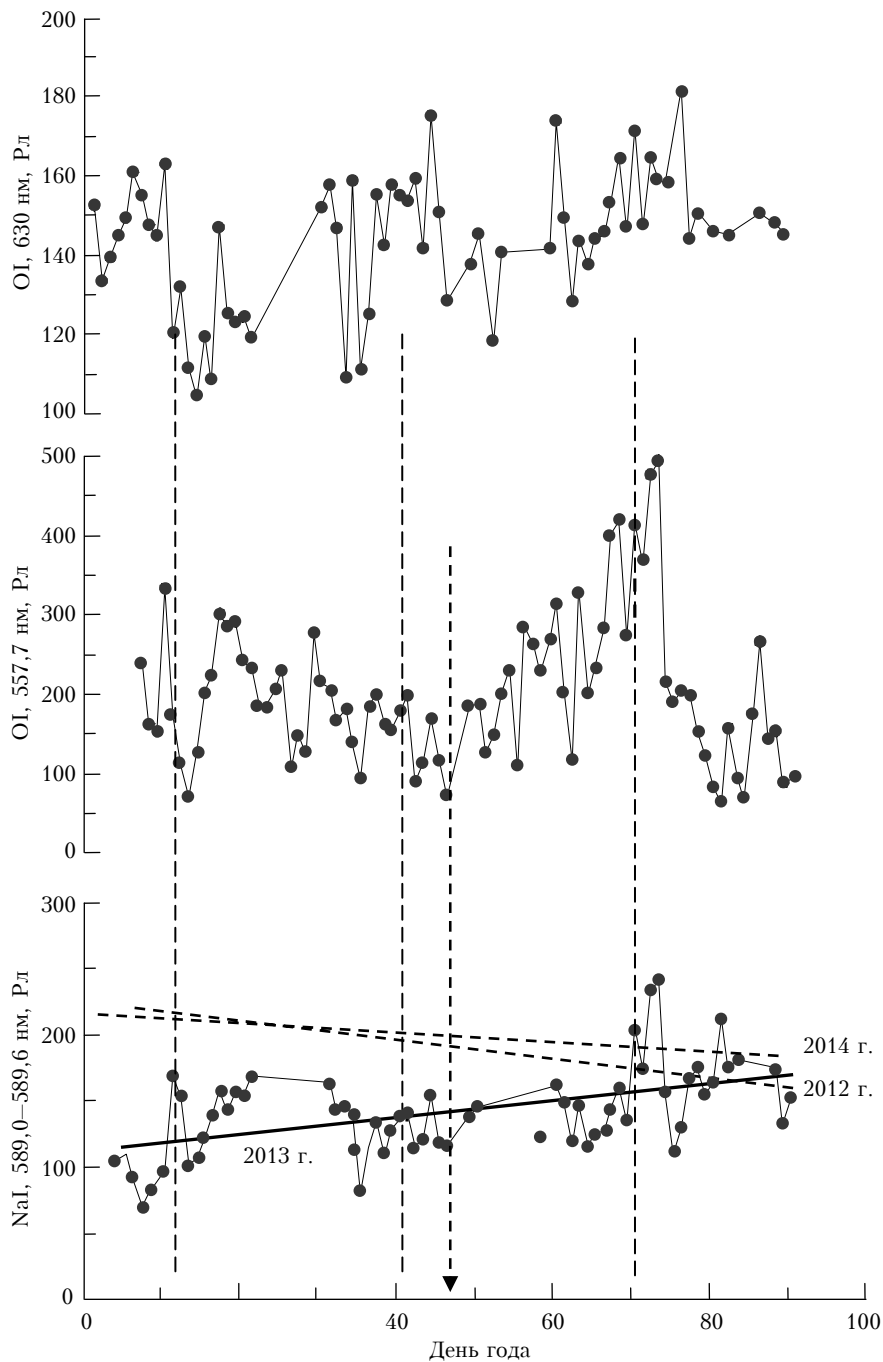


Рис. 4. Вариации интенсивностей эмиссий атомарного кислорода OI 630 нм, OI 557,7 нм и натрия NaI 589,0–589,6 нм в январе–марте 2013 г. Тонкими штриховыми вертикальными линиями указаны дни новолуний, вертикальной штриховой стрелкой – день падения Челябинского метеорита

Для эмиссии NaI 589,0–589,6 нм на рис. 4 также приведены линии линейной регрессии для 2013 г. (сплошная линия) и для сравнения для 2012 и 2014 гг. (штриховые линии).

Для эмиссии OI 630 нм в первом приближении существенных особенностей в межсуточных вариациях выявить не удастся. По крайней мере, средние ночные интенсивности этой эмиссии в период второго новолуния (~30–50-й дни) не отличаются

от средних интенсивностей в период третьего новолуния (~60–80-й дни).

Для эмиссии OI 557,7 нм после падения метеорита сразу же отмечается тенденция роста интенсивности (~45–70-й дни). Однако этот рост может быть обусловлен и сезонным ходом этой эмиссии (или совпадать с ним), для которого отмечается небольшой максимум в феврале–марте [7, 19, 20]. В связи с этим в настоящее время определить воз-

возможный вклад эффекта падения Челябинского метеорита на данном временном отрезке для этой эмиссии пока не представляется возможным.

Для эмиссии NaI 589,0–589,6 нм можно отметить некоторое увеличение интенсивности после падения метеорита (~60–80-й дни) по сравнению с предшествующим периодом (~30–45-й дни). При этом сезонный ход этой эмиссии в анализируемом интервале времени должен иметь тенденцию на снижение [7]. Эта особенность достаточно хорошо выделяется на линейных интерполяциях данных наблюдений за 2012 и 2014 гг., в отличие от 2013 г., когда можно утверждать об увеличении интенсивности на этом временном интервале.

Вероятно, отмеченная выше особенность позволяет предварительно высказать предположение о возможной связи увеличения интенсивности эмиссии NaI 589,0–589,6 нм с падением Челябинского метеорита. Увеличение интенсивности излучения NaI 589,0–589,6 нм может быть обусловлено как поступлением дополнительного количества Na в результате глобальной циркуляции атмосферы, так и изменениями физико-химических процессов, определяющих эмиссию NaI 589,0–589,6 нм. Безусловно, эти предположения требуют дополнительных подтверждений по измерениям других характеристик атмосферы на этих высотах и физической интерпретации этого результата.

### Заключение

В первые дни после падения Челябинского метеорита 15 февраля 2013 г. в вариациях эмиссий OI 557,7 и OI 630 нм, а также NaI 589,0–589,6 нм отмечаются особенности, связанные с изменениями средних ночных интенсивностей (уменьшение для эмиссии OI 557,7 нм, увеличение для эмиссии NaI 589,0–589,6 нм) и ночных ходов этих эмиссий.

В течение последующего месяца после падения Челябинского метеорита отмечаются интервалы с тенденцией увеличения интенсивностей эмиссий OI 557,7 нм и NaI 589,0–589,6 нм по сравнению с предшествующими периодами. Если для эмиссий OI 557,7 нм эта тенденция может быть обусловлена сезонным ночным ходом (или совпадать с ним), то для эмиссии NaI 589,0–589,6 нм она не является типичной и не совпадает с сезонным ходом этой эмиссии.

Характер некоторых отмеченных особенностей вариаций эмиссий OI 557,7 и OI 630 нм и NaI 589,0–589,6 нм в анализируемый период не исключает их возможной связи с падением Челябинского метеорита 15 февраля 2013 г. и требует дополнительных исследований.

Работа выполнена в рамках гранта № НШ-2942.2014.5 Президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ РФ и Российско-Болгарского проекта «Атмос».

1. Шефов Н.Н. Поведение эмиссий верхней атмосферы в периоды метеорной активности // Полярные сияния

и свечения ночного неба. М.: Наука, 1970. № 18. С. 21–25.

2. Фишкова Л.М., Квавадзе К.Д. Об эффекте метеорной активности в ночном излучении средней атмосферы // Геомагнетизм и аэрон. 1987. Т. 27, № 5. С. 858–860.
3. Kristl J., Esplin M., Hunson T., Taylor M. Preliminary data on variations of OH airglow during the Leonid 1999 meteor storm // Earth, Moon Planets. 2000. V. 82–83. P. 525–534.
4. 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 // Adv. Space Res. 2004. V. 33, N 9. P. 1486–1490.
5. Бронштэн В.А. Метеоры, метеориты, метеороиды. М.: Наука, 1987. 173 с.
6. Михалев А.В., Подлесный С.В., Стоева П.В. Оптические характеристики ночного неба в Восточной Сибири после падения Челябинского метеорита. I. Яркость ночного неба // Оптика атмосф. и океана. 2014. Т. 27, № 12. С. 1085–1089.
7. Фишкова Л.М. Ночное излучение среднеширотной верхней атмосферы Земли. Тбилиси: Мецниереба, 1983. 271 с.
8. Будник А.П., Лунев В.П. Свечение ночного неба. Препр. / Физ. энерг. ин-т (Обнинск). 2008. № 3139. 61 с.
9. Fishkova L.M., Gokhberg M.B., Pilipenko V.A. Relationship between night airglow and seismic activity // Ann. Geophys. 1985. V. 3, N 6. P. 689–694.
10. Mikhalev A.V., Popov M.S., Kazimirovsky E.S. The manifestation of seismic activity in 557.7 nm emission variations of the Earth's upper atmosphere // Adv. Space Res. 2001. V. 27, N 6–7. P. 1105–1108.
11. Луперовский В.А., Алимов О.А., Шалимов С.Л., Гохберг М.Б., Луперовская Р.Х., Саидишоев А. Исследование F-области ионосферы перед землетрясениями // Изв. АН СССР. Физ. Земли. 1990. № 12. С. 77–86.
12. Бернгардт О.И., Добрынина А.А., Жеребцов Г.А., Михалев А.В., Первалова Н.П., Ратовский К.Г., Рахматулин Р.А., Саньков В.А., Сорокин А.Г. Геофизические явления, сопровождающие падение Челябинского метеороида // Докл. РАН. 2013. Т. 452, № 2. С. 205–207.
13. Шефов Н.Н. Солнечная активность и приземная циркуляция как соизмеримые источники вариаций теплового режима нижней термосферы // Геомагнетизм и аэрон. 1985. Т. 25, № 5. С. 848–849.
14. Kaladze T.D., Horton W., van Dam J.W., Mays M.L., Garner T.W. A method for the intensification of atomic oxygen green line emission by internal gravity waves // J. Geophys. Res. 2008. V. 113, N 12. P. A12307.
15. Торошелидзе Т.И. Анализ проблем аэронамики по излучению верхней атмосферы. Тбилиси: Мецниереба, 1991. 216 с.
16. Ратовский К.Г., Потехин А.П., Медведев А.В., Куркин В.И. Современный цифровой пономонд DPS-4 и его возможности // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. Вып. 5. С. 102–104.
17. Gorkavyy N., Rault D., Newman P., Silva A., Dudorov A. New stratospheric dust belt due to the Chelyabinsk bolide // Geophys. Res. Lett. 2013. V. 40, N 17. P. 4728–4733. DOI: 10.1002/grl.50788.
18. Rieger L.A., Bourassa A.E., Degenstein D.A. Odin-OSIRIS detection of the Chelyabinsk Meteor // Atmos. Meas. Tech. Discuss. 2013. V. 6, N 5. P. 8435–8443. DOI: 10.5194/amtd-6-8435-2013.
19. Михалев А.В., Медведева И.В. Сезонный ход эмиссии верхней атмосферы в линии атомарного кислорода

558 нм // Оптика атмосф. и океана. 2002. Т. 15, № 11. С. 993–997.  
20. *Mikhalev A.V., Medvedeva I.V., Kazimirovsky E.S., Potapov A.S.* Seasonal variation of upper-atmospheric

emission in the atomic oxygen 558 nm line over East Siberia // Adv. Space Res. Special Issue. Long-Term Trends: Thermosphere, Mesosphere, Stratosphere, and Lower Ionosphere. 2003. V. 32, N 9. P. 1787–1792.

*A.V. Mikhalev, C.V. Podlesny, N.V. Kostyleva, E.S. Komarova.* **Optical characteristics of the night sky over Eastern Siberia after the Chelyabinsk meteorite fall. II. Airglow.**

We present observation results of airglow variations in emissions of OI 557.7 nm, OI 630 nm, and NaI 589.0–589.6 nm in Eastern Siberia after the Chelyabinsk meteorite fall on February 15, 2013. In the first nights, we discovered certain features of OI 557.7 nm, OI 630 nm, and NaI 589.0–589.6 nm emissions related to the changes of mean night intensities (OI 557.7 nm emission decrease, NaI 589.0–589.6 nm emission increase) and night variations in these emissions. A month after the fall of the Chelyabinsk meteorite, intervals were found with increasing intensities of OI 557.7 nm and NaI of 589.0–589.6 nm emissions as compared to preceding periods. Nature of some marked features of variations in OI 557.7 nm, OI 630 nm, and NaI 589.0–589.6 nm emissions does not exclude their possible coupling with the Chelyabinsk meteorite.