

(ДТОО «Астрофизический институт им. Фесенкова», Алматы, Республика Казахстан)

ЛАЗЕРНО-ЛОКАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТЕОРНЫХ СЛЕДОВ В ВЕРХНЕЙ ПОЛОВИНЕ МЕЗОСФЕРЫ

Аннотация. Представлены лазерно-локационные экспериментальные исследования метеорных следов в мезопаузе и в верхней половине мезосферы (65–82 км, над уровнем моря). Приведены характеристики измеренных метеорных следов (высота, время, уровень принятого локационного сигнала, контрастность метеорного следа, распределение метеорных следов по высоте). При этом использовалось наклонное и вертикальное зондирование. На основании имеющихся данных сделан вывод о стимулировании вертикальной неоднородности атмосферы метеорами, выявлены эти высоты. Всё это необходимо учитывать для безопасности полетов космических летательных аппаратов.

Ключевые слова: метеор (метеорный след), мезосфера, мезопауза, лазер (лазерный локаатор), аэрозоль (аэрозольная частица).

Тірек сөздер: метеор (метеорлық із), мезосфера, мезопауза, лазер (лазерлі локаатор), аэрозоль (аэрозоль-ды бөлшек).

Keywords: meteor (meteor trace), mesosphere, mesopause, laser (laser locator), aerosol (aerosol particle).

В настоящей работе рассматриваются метеорные следы в верхней половине мезосферы (65–82 км, над уровнем моря), обнаруженные с помощью нашего лазерного локаатора. Эта статья является продолжением цикла работ, посвященных экспериментальным исследованиям метеорных следов в стратосфере и мезосфере [1-3].

Часть этих метеорных следов представлена на рисунках 1–3. Здесь по горизонтальной оси отложена высота (H) в км над уровнем моря, а по вертикальной оси – величина принятого сигнала (N) в фотоэлектронах.

С помощью нашего лазерного локаатора в мезопаузе и верхней мезосфере (на высотах от 65 до 82 км) было обнаружено 5 метеорных следов из 24. При этом 3 метеорных следа были расположены в верхней мезосфере, а 2 – в мезопаузе (выше 80 км). На рисунке 1 представлен метеорный след, измеренный лазерным локаатором в верхней мезосфере, на высоте 76,0 км с 22 ч 11 мин. до 22 ч 14 мин. 31.10.88. Время накопления принятого локационного сигнала – 3 мин. Принятый локационный сигнал от метеорного следа составил 54 фотоэлектрона и возрос по сравнению с сигналом от нормальной атмосферы на этих высотах в 25 раз.

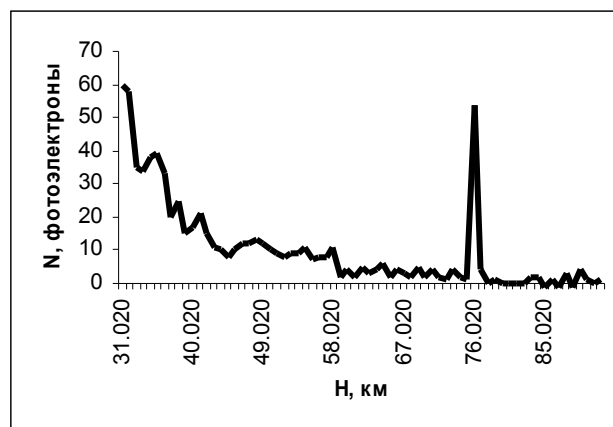


Рисунок 1 – Лазерно-локационное зондирование метеорного следа в верхней мезосфере

Следующий метеорный след, обнаруженный с помощью лазерного локатора в верхней мезо-сфере находился на высоте 73,1 км (наклонная дальность – 74,2 км). Измерения были выполнены с 1 ч 37 мин. до 1 ч 42 мин. 01.11.88. Принятый локационный сигнал от метеорного следа составил 53 фотоэлектрона и возрос по сравнению с сигналом от невозмущенной атмосферы на этих высотах в 25 раз. Время накопления локационного сигнала – 5 мин.

Третий метеорный след в верхней половине мезосферы был зарегистрирован на расстоянии 91,8 км от лазерного локатора (наклонная дальность), с 3 ч 14 мин. до 3 ч 24 мин. 31.10.88. При этом он находился на высоте 65,0 км над уровнем моря. Время накопления принятого локационного сигнала – 10 мин. Зенитный угол составил 45 градусов. Наклон локатора осуществлялся в направлении меридиана – на юг. Принятый локационный сигнал от метеорного следа составил 518 и 514 фотоэлектронов (для верхнего и нижнего стробов), и возрос в 28 раз по сравнению с сигналом от невозмущенной атмосферы.

Здесь впервые за время зондирования метеоров метеорный след попал сразу в 2 строба по 900 м, что подчеркивает преимущество наклонного зондирования метеорных следов. Это позволило более детально оценить толщину метеорного следа, поскольку вертикальное разрешение составило 636 м вместо 900 м.

На рисунке 2 представлен метеорный след, расположенный в мезопаузе, на высоте 81,4 км над уровнем моря. Измерение, выполненное с помощью лазерного локатора, было проведено с 23 ч 31 мин. до 23 ч 34 мин. 31.10.88. Принятый локационный сигнал от метеорного следа составил 54 фотоэлектрона и возрос в 18 раз по сравнению с аналогичным сигналом от невозмущенной атмосферы на этих высотах.

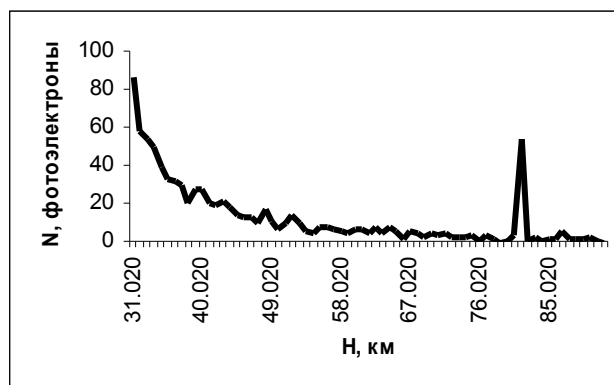


Рисунок 2 – Лазерно-локационное зондирование метеорного следа в мезопаузе

На рисунке 3 представлен метеорный след, расположенный в мезопаузе, на высоте 81,4 км. Лазерно-локационное измерение этого метеорного следа было проведено с 21 ч 15 мин. до 21 ч 18 мин.

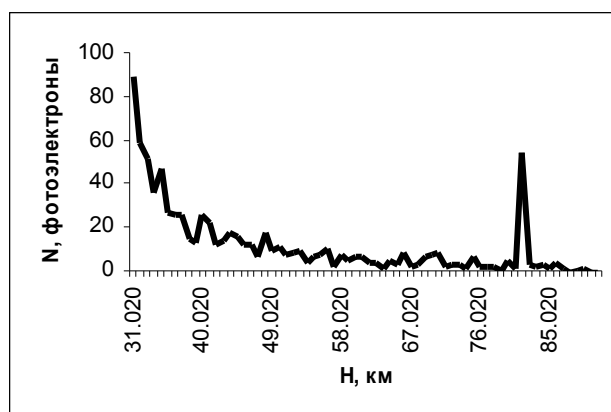


Рисунок 3 – Лазерно-локационное зондирование метеорного следа в мезопаузе

31.10.88. Уровни локационных сигналов от метеорного следа и от невозмущенной части атмо-сферы на этих высотах совпадают с точностью до 1 фотоэлектрона для последних двух метеорных следов. Последние два метеорных следа (рисунок 2, 3) являлись самыми высокими из всех обнаруженных с помощью нашего лазерного локатора.

Высота 81, 4 км – это середина 900 метрового слоя (81,0–81,9 км) атмосферы, в котором были обнаружены эти 2 метеорных следа. Эти высоты характерны тем, что здесь наиболее часто наблюдаются серебристые (или мезосферные) облака и находится минимум температуры атмосферы (менее минус 85 °С). На этих высотах возможно одновременное измерение метеорных следов с помощью радиолокатора, лазерного локатора, основанного на молекулярном рассеянии (как у нас) и лидара, основанного на резонансном рассеянии атомов натрия.

Известно, что высоты появления (возгорания) метеоров в основном формируются вблизи определенного уровня – около 110 км, а высоты их исчезновения – вблизи двух различных уровней, один из которых находится на высоте 70 км, а другой на высоте 48

км. На кривой зависимости частоты исчезновения метеоров от высоты имеется резкий минимум на высоте 55 км. На этой высоте редко погасают метеоры [4].

Очевидно, что все перечисленные высоты, кроме 55 км, относятся к резким увеличениям плотности атмосферы и концентрации аэрозольных частиц. Поэтому здесь происходит возгорание метеоров (110 км), и они гаснут после наиболее интенсивного горения, испарения и т. д. на более низких высотах (70 и 48 км).

Метеорные следы, обнаруженные с помощью нашего лазерного локатора, также распределяются по высоте крайне неравномерно. Вот и в диапазоне высот от 65 до 82 км 2 метеора из 5 находятся в узком 900-метровом слое в мезопаузе, где находится аэрозольный слой в виде серебристых облаков.

Более того, попадая в эти скачки плотности и концентрации аэрозольных частиц, метеоры ещё более увеличивают вертикальную неоднородность атмосферы, что исключительно важно учитывать для космических летательных аппаратов, которые пересекают эти слои атмосферы. Очевидно также, что подобная неоднородность атмосферы имеется и в атмосферах других планет и крупных спутников планет.

Исследования метеоров, метеорных явлений, метеоритных частиц имеет огромное значение для астрофизики Солнечной системы. Получив подробную информацию о плотности метеорной пыли в окосолнечном пространстве, ее составе, неоднородном распределении в космическом пространстве можно развить детально космогонические представления применительно ко всем объектам Солнечной системы.

По мнению авторов статьи, то, что очень большое число метеоров сгорает именно на больших высотах, указывает на специфику их состава. Вероятно, что большое количество метеоров имеет ледяную структуру, образованы из различных типов льдов. Значительное же количество самих метеорных частиц указывает на то, что роль небольших ледяных частиц в Солнечной системе, метеорных роев из ледяных частиц, может быть очень высока. Для космогонии данное представление имеет большое значение, так как следствием этого является то, что роль больших количеств ледяных частиц разного размера была очень высока в процессе эволюции Солнечной системы. В частности, вероятно, можно обнаружить большие скопления льда, различного химического состава, засыпанные пылью, грунтом на Луне и других объектах Солнечной системы, там, где не характерно присутствие поверхностных льдов.

Работа выполнена по бюджетной программе 055, подпрограмма 101 «Грантовое финансирование научных исследований».

ЛИТЕРАТУРА

1 Омаров Т.Б., Филиппов В.А., Филиппов Р.В. Лазерно-локационные исследования метеорных следов в стратосфере и мезосфере // Мат-лы XVI Междунар. симп. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». – Томск: Институт оптики атмосферы, 2009. – С. 391-393.

2 Омаров Т.Б., Филиппов В.А., Филиппов Р.В. Лазерно-локационные исследования метеорных следов в стратосфере // Известия НАН РК. Сер. физ.-мат. – 2010, № 4. – С. 114-116.

3 Омаров Т.Б., Филиппов В.А., Филиппов Р.В. Лазерно-локационные исследования метеорных следов в нижней половине мезосферы // Известия НАН РК. Сер. физ.-мат. – 2011, № 4. – С. 95-97.

4 Митра С.Г. Верхняя атмосфера. – М.: Изд. иностр. лит., 1955. – 640 с.

REFERENCES

- 1 Omarov T.B., Filippov V.A., R.V. Filippov R.V. XVI Simpozium Optika atmosfery I okeana. Fizika atom-sfery. Tomsk, **2009**. 391-393 (in Russ.).
- 2 Omarov T.B., Filippov V.A., R.V. Filippov R.V. Izvestija NAN RK, **2010**, 4, 114-116 (in Russ.).
- 3 Omarov T.B., Filippov V.A., R.V. Filippov R.V. Izvestija NAN RK, **2011**, 4, 95-97 (in Russ.).
- 4 Mitra S.K. Verhnjaja atmosfera. M. **1955**. 640. (in Russ.).

Резюме

Т. Б. Омаров, В. А. Филиппов, Р. В. Филиппов

(«Фесенков атындағы Астрофизика институты» ЕЖШС, Алматы, Қазақстан Республикасы)

МЕЗОСФЕРАНЫҢ ЖОҒАРҒЫ ЖАРТЫСЫНДАҒЫ МЕТЕОРЛЫ ІЗДЕРДІҢ ЛАЗЕРЛІ-ЛОКАЦИОНДЫ ЗЕРТТЕУЛЕРІ

Мезосфераның жоғарғы жартысында (теңіз деңгейіндегі 62-82 км) және мезопаузадағы метеорлық іздердің тәжірибелік лазерлі-локационды зерттеулері берілген. Метеорлық іздердің өлшенген мінездемелері келтірілген (биіктік, уақыт, қабылданған локационды дабылдың деңгейі, метеорлық іздің қарама-қайшы-лығы, биіктік бойынша метеорлы іздердің таралуы). Сонымен бірге вертикалды және көлбеулі зондтау қолданылды. Бар мәліметтер негізінде тұжырым жасалынды, метеорлар арқылы атмосфера біртектісіз вертикалды ынталандырылады, бұл биіктіктер табылды. Мұның барлығы ғарыштық ұшу аспаптарының қауіпсіздігін қамтамасыздандыру үшін қажет.

Тірек сөздер: метеор (метеорлық із), мезосфера, мезопауза, лазер (лазерлі локаатор), аэрозоль (аэрозоль-ды бөлшек).

Summary

T. B. Omarov, V. A. Filippov, R. V. Filippov

(DTOO «Fesenkov Astrophysical Institute», Almaty, Republic of Kazakhstan)

STUDY OF METEOR TRACES BY LASER LOCATION IN UPPER MESOSPHERE

Paper presents experimental results of laser location of meteor traces in upper atmosphere- in mesopause and in the upper part of mesosphere (65-82 km above sea level). Characteristics of measured meteor traces in mesosphere are represented in the article (height, time of registration, intensity of located signal, relative intensity of meteor trace to the background, distribution of meteors by heights). Vertical and angle laser sensing of the atmosphere was produced. On the basis of that study a conclusion was made of stimulation of vertical inhomogeneity of upper atmosphere by meteors. The study of meteors plays significant role for the safety of space flights.

Keywords: meteor (meteor trace), mesosphere, mesopause, laser (laser locator), aerosol (aerosol particle).

Поступила 2.09.2013г.