

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

КОСМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ

Том X

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

2

МОСКВА · 1972

УДК 523.72

*Л. Мартини, Н. М. Шютте, К. Н. Грингауз,
Б. Штарк*

ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ СОЛНЕЧНОГО L_{α} -ИЗЛУЧЕНИЯ НЕОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ НА РАКЕТЕ «ВЕРТИКАЛЬ-1»

Описываются результаты экспериментов по измерению интенсивности ультрафиолетового излучения Солнца в линии L_{α} , проведенные при помощи анализатора фотоэлектронов и Лайман-альфа-фотометра на ракете «Вертикаль-1».

Интенсивность солнечного L_{α} -излучения по данным Лайман-альфа-фотометра и анализатора фотоэлектронов оказалась равной 3,63 и 4,40 эр/см²·сек соответственно. Сравнение этих значений, полученных при помощи совершенно различных приборов, свидетельствует о довольно хорошем совпадении данных, если учесть погрешность измерений. Проведенное сопоставление настоящих результатов с результатами ряда экспериментов как других авторов, так и авторов настоящей статьи указывает на сравнительно малые временные вариации солнечного L_{α} -излучения.

На высотной геофизической ракете «Вертикаль-1», запущенной в соответствии с программой сотрудничества СССР с социалистическими странами в области исследования космического пространства, в числе других научных приборов были установлены для измерения ультрафиолетового излучения Солнца в линии L_{α} неоптическими методами Лайман-альфа-фотометр — ФЛА (разработанный и изготовленный в ГДР) и анализатор фотоэлектронов — АФ (разработанный и изготовленный в СССР).

Задачей обоих экспериментов было определение высотного хода интенсивности этого излучения с целью использования полученных данных для аэрономических целей, в частности для определения концентрации молекул O_2 в верхней атмосфере.

Измерения солнечного излучения в линии L_{α} проводились на ракетах и спутниках несколькими авторами, использовавшими для этой цели как полизационные камеры [1—4], так и результаты измерений фотоэмиссии [5, 6]. Полученные в итоге этих экспериментов данные о концентрации O_2 заметно отличаются друг от друга и от данных модели CIRA-65. Эти расхождения частично обязаны временным вариациям атмосферы, а частично связаны с различием методики измерений. Поэтому проводить дальнейшие измерения L_{α} в земной атмосфере представляется целесообразным. Это особенно относится к одновременным измерениям различными методами.

В настоящей работе приводится описание этих экспериментов и части полученных результатов.

1. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Пуск ракеты «Вертикаль-1» был проведен 28.XI 1970 г. в средних широтах Европейской территории СССР. Максимальная высота подъема составляла ~469 км, зенитное расстояние к моменту начала подъема ~82°. Траектория ракеты была практически вертикальной.

Прибор ФЛА — Лайман-альфа-фотометр представляет собой ионизационную камеру, изготовленную из форстерита — специального керамического материала (магнезио-кремниевая окись), с коаксиально расположенными электродами. Ионизационный ток измерялся при помощи двухшкального усилителя постоянного тока с постоянной времени 0,14 сек, имевшего два независимых выхода на телеметрический передатчик. В качестве входного окна использовался MgF_2 толщиной 1,2 мм; наполнение NO при давлении 17 мм рт. ст. [7].

Спектральная чувствительность ФЛА со стороны малых длин волн ограничивалась границей прозрачности входного окна, а с длинноволновой стороны — потенциалом ионизации наполняющего камеру газа — NO . Диа-

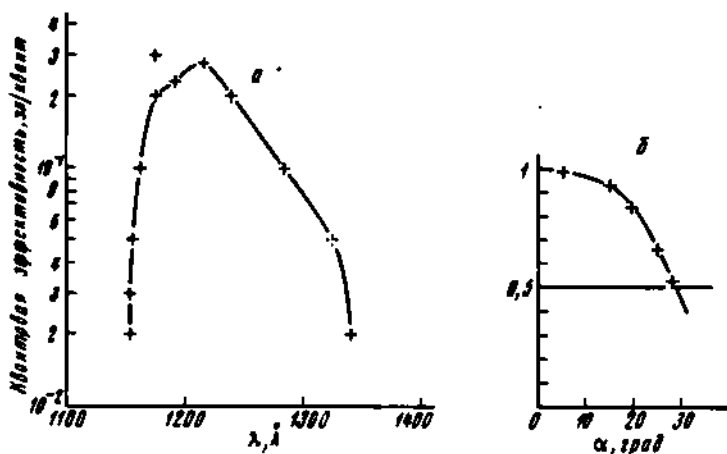


Рис. 1. Характеристика спектральной чувствительности ионизационной камеры ФЛА (а) и угловая диаграмма ФЛА (б)

пазон длин волн, которые может регистрировать описываемый фотометр, составлял λ 1150—1350 Å (см. рис. 1, а).

Прибор был ориентирован на Солнце с точностью $\pm 3^\circ$. Угловая диаграмма его составляла $\pm 20^\circ$ (по уровню 0,7) (см. рис. 1, б). Регистрация интенсивности L_α -излучения при помощи ФЛА осуществлялась только на нисходящей части траектории ракеты. При подъеме входное окно ФЛА было закрыто, чтобы предотвратить его возможное повреждение при прохождении через плотные слои атмосферы.

Измеренная при помощи ФЛА интенсивность излучения L_α в верхней атмосфере приведена на рис. 2. Вне области поглощения излучения λ 1150—1350 Å чувствительность усилителя ФЛА оказалась несколько завышенной и интенсивность излучения I , поэтому надежно оценить не удалось. Регистрация ионизационных токов началась на уровне 100 км. При этом обращает на себя внимание небольшое плато на высотах 99—94 км. Вероятнее всего, что на высоте 99 км солнечное излучение в диапазоне λ 1150—1350 Å, за исключением линии L_α , уже полностью поглотилось [8], тогда как для линии L_α поглощения еще нет. Таким образом, уровень $3,63 \text{ эрг/см}^2 \cdot \text{сек}$ — интенсивность линии L_α -излучения вне области поглощения. Точность измерения составляла $\pm 10\%$.

Анализатор фотоэлектронов (АФ) представлял собой четырехэлектродное устройство, состоящее из платинового фотокатода, анализирующей сетки, сетки, предназначенной для защиты фотокатода от тепловых положительных ионов окружающей среды, и экранной сетки. Напряжение на фотокатоде относительно корпуса ракеты выбиралось таким образом, чтобы тепловые электроны тоже не могли на него попасть [9, 10]. Потенциал анализирующей сетки в течение 1 сек линейно изменялся относительно

фотокаатода от $-15,5$ до $+4,5$ в с периодом, равным 3 сек. Эффективная площадь фотокаатода составляла $16,15 \text{ см}^2$.

Регистрация фототока осуществлялась при помощи двухшкального усилителя постоянного тока с автоматическим переключением шкал и чувствительностью до $2 \cdot 10^{-10}$ а.

В лабораторных условиях фотоанализатор облучался монохроматическим излучением различных длин волн: 584, 740, 1026, 1216, 1607 А. Зарегистрированные во время полета вольт-амперные характеристики вместе с градуировочными данными вводились в ЭВМ Урал-11, которая разделяла каждую из них на несколько вольт-амперных характеристик. Эти вольт-амперные характеристики соответствовали по форме одной из лабо-

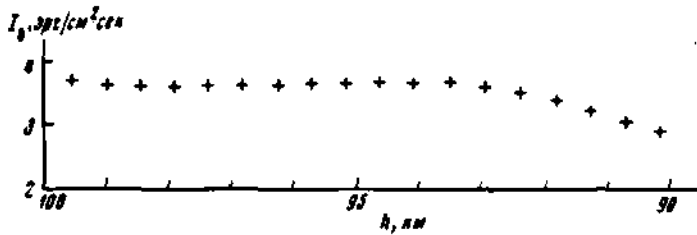


Рис. 2. Интенсивность L_{α} -излучения в верхней атмосфере, по данным ФЛА

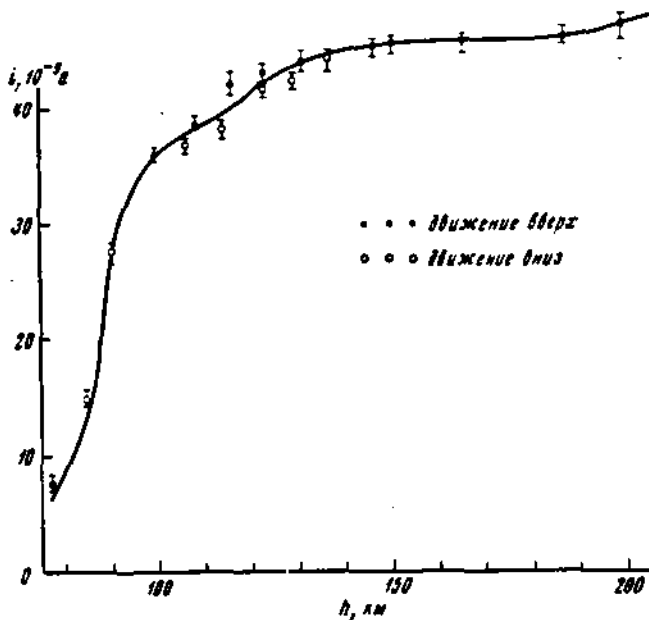


Рис. 3. Высота зависимость интегрального фототока насыщения в интервале 80—200 км

раторных «градуировочных» вольт-амперных характеристик, а их сумма наилучшим образом соответствовала характеристике, полученной при полете ракеты. При этом анализ начинался с выделения того участка полетной вольт-амперной характеристики, который на данной высоте наилучшим образом соответствовал наиболее коротковолновой лабораторной характеристике [11].

Очевидно, что разрешающая способность использовавшегося анализа ограничена. Этот метод дает точные результаты в тех случаях, когда, на-

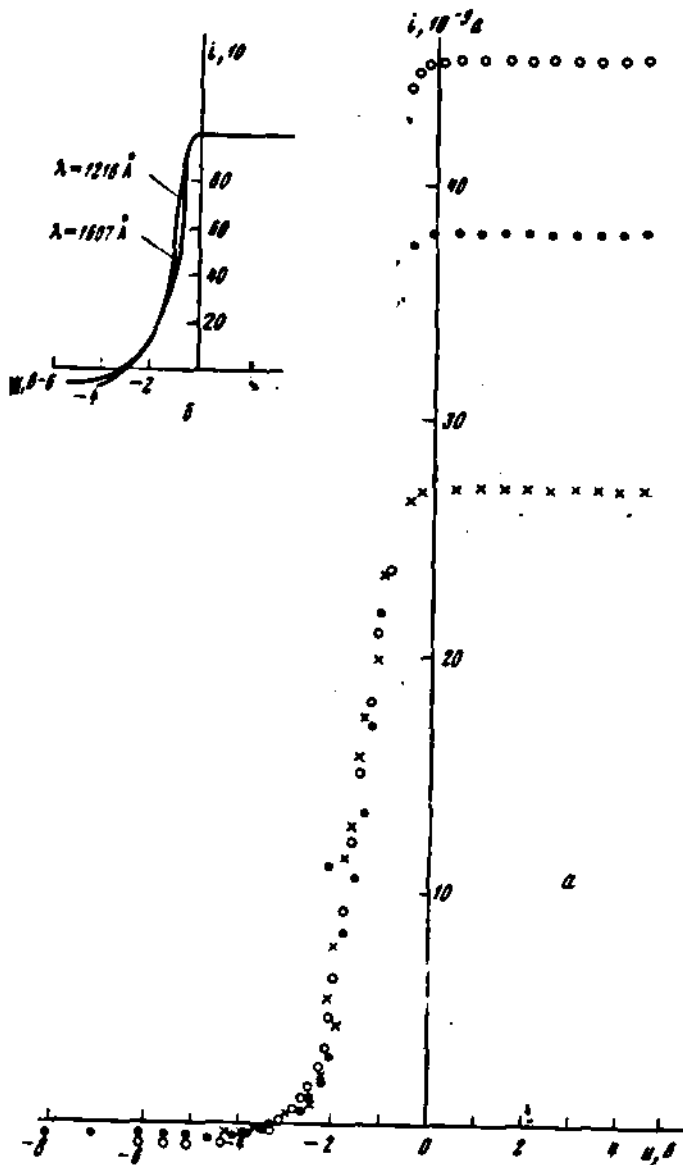


Рис. 4. Примеры вольт-амперных характеристик, зарегистрированных на различных высотах (а), и лабораторные вольт-амперные характеристики для λ 1216 и λ 1607 А (б)

пример, известно, что зарегистрированный спектр излучения состоит исключительно из линий с заданными длинами волн, интенсивность которых нужно определить. Однако энергетическое распределение эмиттированных фотоэлектронов не может быть существенно различным для близких длин волн. Поэтому при анализе полученных во время полета ракеты вольт-амперных характеристик при помощи «монохроматических» градуировочных характеристик можно полагать, что ток фотоэмиссии, создаваемый каждой из выбранных для градуировки длин волн, характеризует не отдельную линию в солнечном спектре, а некую спектральную область вблизи соответствующей длины волны. (Вблизи линии λ 1216 А, поэтому практически выделялась спектральная область $\sim \lambda$ 1100—1350 А.)

На рис. 3 приведена высотная зависимость интегрального фототока насыщения для высот 80—200 км.

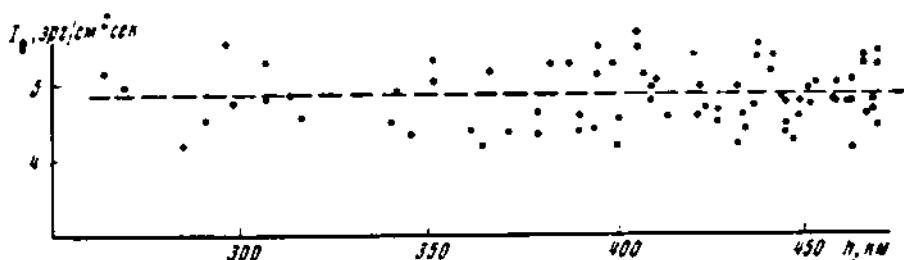


Рис. 5. Интенсивность L_{α} -излучения на высотах $h > 100$ км по данным анализатора фотоэлектродов

Примеры вольт-амперных характеристик для высот ~ 94 (крестики), ~ 115 (точки) и ~ 150 км (кружки) показаны на рис. 4. Анализ вольт-амперных характеристик, проведенный при помощи ЭВМ указанным выше образом, показал, что, несмотря на продолжающийся существенный рост фототока насыщения при увеличении высоты, для всех характеристик на высотах $h > 94$ км величина фототока, создаваемого солнечным излучением вблизи линии L_{α} , практически не возрастает, т. е. что поглощение излучения L_{α} на указанных высотах отсутствует (см. рис. 5).

Обработка вольт-амперных характеристик показала, что вне области поглощения, т. е. на высотах больших 90–95 км, интенсивность солнечного излучения в диапазоне длин волн λ 1100–1350 Å оказалась равной $4,9 \pm 0,35$ эрг/см²·сек. Известно, что в указанном диапазоне длин волн не менее 90% интенсивности излучения определяется линией L_{α} [12]. Таким образом, можно полагать, что интенсивность излучения в линии L_{α} составляет $\sim 4,4 \pm 0,3$ эрг/см²·сек.

Сравнение величин интенсивности солнечного L_{α} -излучения, определенных при помощи таких различных приборов, как ФЛА и АФ (3,63 и 4,40 эрг/см²·сек соответственно), свидетельствует о довольно хорошем совпадении этих данных, если учесть погрешности измерений. Наблюдаемое 10%-ное различие, вероятно, обусловлено разницей абсолютных калибровок, проводившихся в различных условиях и с помощью различной экспериментальной аппаратуры. При подготовке будущих экспериментов для уточнения данных об интенсивности L_{α} -излучения предполагается про-

Дата эксперимента	Интенсивность L_{α} , эрг/см ² ·сек	Ссылка
15.VIII 1958 г.	4,95	Хинтереггер [11]
1.VII 1963 г.	4,4	Хинтереггер и др. [12]
20.IX 1965 г.	5,0	Грингауз и др. [9]
13.X 1966 г.	5,0	Грингауз и др. [9], Шютте и др. [13]
11.XI 1966 г.	4,2	Карвер и др. [2]
18.X 1967 г.	5,4	А. Тимоти и Д. Тимоти [14]
XII 1969 г.	4,1	Фельске и др. [4]
X 1970 г.	4,0	Фельске и др. [15]
28.XI 1970 г.	3,63; 4,40	Настоящая работа

водить калибровку обоих приборов одновременно (при помощи одной и той же аппаратуры). Определенные в описанных выше экспериментах величины интенсивности солнечного L_{α} -излучения достаточно хорошо согласуются с данными, полученными в ранее поставленных экспериментах рядом авторов, а также авторами настоящей статьи (проведенных на спутниках «Интеркосмос-2», «Интеркосмос-4» и на советских вертикальных геофизических ракетах в 1965 и 1966 гг.), которые приведены в таблице.

Результаты использования данных об измерении интенсивности L_{α} -излучения в поглощающей области верхней атмосферы для определения плотности молекул O_2 будут опубликованы в дальнейшем.

Дата поступления
1 ноября 1971 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. H. Carver, P. Mitchell, E. L. Murray, B. Rofe. *Space Res.*, 6, 373, 1965.
 2. J. H. Carver, P. J. Edwards, P. L. Gough, A. G. Gregory, B. Rofe, S. G. Johnson. *J. Atmos. and Terr. Phys.*, 31, 563, 1969.
 3. L. H. Weeks, L. G. Smith. *J. Geophys. Res.*, 73, 4835, 1968.
 4. D. Felske, L. Martini, B. Stark, J. Taubenheim. *Nature*, 228, 1298, 1970.
 5. R. E. Bourdeau, A. C. Aikin, J. L. Donley. *J. Geophys. Res.*, 71, 727, 1966.
 6. Н. М. Шютте. Сб. «Солнечно-земная физика», вып. 1, 1969, стр. 160.
 7. J. H. Carver, P. Mitchell, *J. Sci. Instr.*, 41, 555, 1964.
 8. J. A. R. Samson, R. B. Cairns. *J. Geophys. Res.*, 69, 4583, 1964.
 9. К. И. Григгауз, Г. Л. Гдалевич, В. А. Рудаков, Н. М. Шютте. *Геоматематика и аэрономия*, 8, 224, 1968.
 10. А. В. Афония, Т. К. Бреус и др. Сб. «Исследования космического пространства», «Наука», 1965, стр. 151.
 11. H. E. Hinteregger. *J. Geophys. Res.*, 64, 961, 1959.
 12. H. E. Hinteregger, L. A. Hall, G. Schmidtke. *Space Res.*, 5, 1175, 1965.
 13. N. M. Shutte, I. A. Knorin. *Space Res.*, 9, 278, 1969.
 14. A. F. Timothy, J. G. Timothy. *J. Geophys. Res.*, 75, 4813, 1970.
 15. D. Felske, L. Martini, B. Stark, J. Taubenheim. Paper to be presented at the XIV-th COSPAR Meeting, 1971.
-