

К ВОПРОСУ ОБ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ ВАРИАЦИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ЖЕСТКОГО АТМОСФЕРНОГО γ -ИЗЛУЧЕНИЯ

*А.М.Гальпер, В.Ф.Кириллов-Узрюмов, Н.Ф.Лейков,
Б.И.Лучков*

Наблюдавшиеся квазипериодические вариации интенсивности жесткого атмосферного γ -излучения с амплитудой $\sim 10\%$ можно объяснить колебаниями плотности воздуха, вызванными внутренними гравитационными волнами в стратосфере. Показано, что при этом вертикальная интенсивность наиболее подвержена вариациям с периодами около 5 мин.

Ранее сообщалось об обнаружении в верхних слоях атмосферы короткопериодических вариаций интенсивности жесткого γ -излучения [1], причем, как показал анализ большого объема данных, полученных в серии аэростатных полетов на высотах 30 — 40 км (4 — 10 г/см² остаточной атмосферы), доминирующее положение в спектре занимают вариации с периодом около 5 мин [2]. Близость численных значений ряда выделенных периодов, в особенности пятиминутного, и периодов колебаний солнечной поверхности послужила основанием для заманчивого предположения о наличии эффективного, но пока неизвестного механизма передачи солнечных колебаний к Земле. Однако, как показывается в настоящей работе, имеется возможность интерпретации полученных экспериментальных результатов на базе современных представлений о волнообразных движениях воздушных масс.

Известно явление внутренних гравитационных волн или волн плавучести (далее ВГВ) в атмосфере, проявляющееся в периодических колебаниях параметров атмосферы, в частности, плотности, силы и направления ветра, и наблюдаемое как вблизи земной поверхности, так и в верхней атмосфере [3]. Относительная амплитуда колебаний обратно пропорциональна корню квадратному из плотности, а частота ВГВ ω на заданной высоте всегда меньше, так называемой частоты Вайс-ля — Брента (ВВ-частоты) ω_v . На высотах 30 — 40 км в средних широтах ВВ-период равен 4,8 мин, а в тропиках — 4,5 мин. ВГВ с длинами волн $\lambda \ll 100$ км имеют характер плоских поперечных волн [4], при этом примерно приближенное выражение

$$\omega = \omega_v \cos \alpha \quad (1)$$

где α — угол наклона фазовой плоскости к вертикали.

На аэростатных высотах подавляющее число регистрируемых жестких γ -квантов рождается при распаде нейтральных пионов, возникающих в первом акте взаимодействия ядерной компоненты первичного излучения с воздухом, поэтому интенсивность γ -излучения I_γ в

каждом заданном направлении пропорциональна соответствующей толщине остаточной атмосферы t . Вызванные ВГВ периодические изменения плотности воздуха должны приводить к эффекту колебаний t и, следовательно, I_γ , который будет максимален в направлении, лежащем в фазовой плоскости. При этом так как для относительных колебаний плотности имеет место высотная зависимость $\epsilon_\rho(h) \sim \rho^{-1/2}(h)$ [3], можно показать, что, если измерения проводятся на высоте $h = h_0$, то

$$\frac{\Delta I_\gamma}{I_\gamma} = \frac{\Delta t}{t} \approx 2\epsilon_\rho(h_0).$$

В случае, если измеряется вертикальная интенсивность γ -излучения (ось γ -телескопа направлена в зенит), наибольший эффект, согласно (1), при прочих равных условиях будут вызывать ВГВ с периодами около 5 мин.

По данным измерений волнообразных структур в серебристых облаках для ВГВ, распространяющихся в направлениях, близких к горизонтальному, наиболее характерны $\lambda = 10 - 20$ км [5]. Для таких ВГВ размер области, выделяемой апертурным конусом γ -телескопа с углом раствора $\lesssim 40^\circ$ и содержащей эффективную толщину остаточной атмосферы, не превышает половины длины волны.

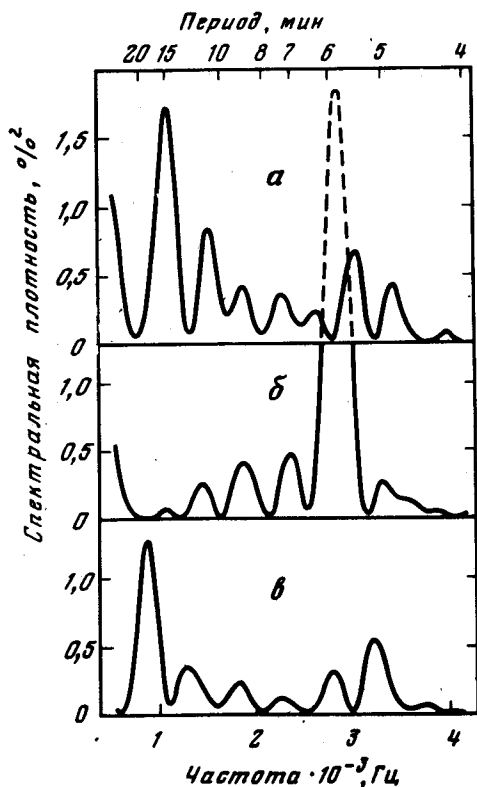


Рис. а – в – частотные спектры вариаций давления на высоте 31 км для трех последовательных часовых отрезков по данным барографа, установленного на борту высотного аэростата. По оси ординат спектральная плотность, выраженная в единицах квадрата относительной амплитуды

В настоящей время наблюдательные данные по ВГВ в стратосфере ограничены и не дают точного ответа на вопрос о частотном спектре, характерных амплитудах и условиях возникновения ВГВ. В одном

аэростатном полете мы проводили в течение 7 часов измерения давления на высоте около 31 км с помощью датчика, имевшего погрешность $\pm 8 \cdot 10^{-3}$ мбар. Картина вариаций давления оказалась весьма сложной и изменчивой. Для каждого часа полета был проведен спектральный анализ данных (низкочастотный тренд предварительно исключался). Хотя каждый спектр имел свой индивидуальный набор резко выраженных пиков, в целом заметно их более или менее плавное смещение по частоте и изменение по амплитуде во времени. Выборочные спектры мощности для трех последовательных часовых отрезков представлены на рис. 1, а - в.

Подчеркнем, что колебания давления, регистрируемые барографом, отражают смещения аэростата из-за воздействия на оболочку вертикальной составляющей ветра, связанного с ВГВ, и их амплитуда мала, тогда как вариации интенсивности γ -излучения обусловлены более мощными колебаниями интегральной плотности.

Модуляционные эффекты, связанные с ВГВ, могут проявляться и во вторичной заряженной компоненте космических лучей в стратосфере, что было замечено в [6], но значительно слабее из-за разравнивающего влияния магнитного поля Земли, при этом имеет значение также направленность детекторов. С этой точки зрения можно интерпретировать результаты [7], где было обнаружено, что спектр мощности флуктуаций для телескопа счетчиков лежит в три раза выше, чем для одиночного детектора.

Таким образом, квазипериодические вариации интенсивности жесткого атмосферного γ -излучения с амплитудой $\sim 10\%$ вероятнее всего, вызваны внутренними гравитационными волнами в стратосфере. Этот вывод важен для γ -астрономических наблюдений, где необходимо учитывать возможность быстрых анизотропных вариаций атмосферного фона. Кроме того, указанный эффект ВГВ может оказаться существенным при трактовке результатов измерений вторичных компонент космических лучей на уровне моря [8] и астрономических наблюдений, где важен учет прозрачности атмосферы [9].

Авторы благодарят С.А.Воронова, А.В.Курочкина и Ю.Т.Юркина за помощь в получении экспериментальных данных.

Московский
инженерно-физический институт

Поступила в редакцию
2 апреля 1980 г.

Литература

- [1] А.М.Гальпер, В.Г.Кириллов-Угрюмов, А.В.Курочкин, Н.Г.Лейков, Б.И.Лучков, Ю.Г.Юркин. Письма в ЖЭТФ, 24, 426, 1976.
- [2] А.М.Гальпер, В.Г.Кириллов-Угрюмов, А.В.Курочкин, Н.Г.Лейков, Б.И.Лучков. Письма в ЖЭТФ, 30, 631, 1979.
- [3] Э.Госсард, У.Хук: Волны в атмосфере. М., 1978.
- [4] Г.С.Голицин. Изв. АН СССР, сер. физ. атмосферы и океана, 1, 136, 1965.

- [5] B.Fogle, B.Harwitz. *Space Sci. Rev.*, 6, 279, 1966.
- [6] M.Kodama, T.Sakai, E.Tamai, S.Kogami, M.Kato. 14-th Intern. Cosmic Ray Confer., München, 3, 1120, 1975.
- [7] N.Gehrels, J.L'Heureux. 15-th Intern. Cosmic Ray Confer, Plovdiv, 4, 335, 1977.
- [8] Л.И.Дорман, И.Я.Либин, Я.Л.Блох. Сцинтилляционный метод исследований вариаций космических лучей. М., 1979.
- [9] T.M.Brown, R.T.Stebbins, H.A.Hill. *Astrophys. J.*, 233; 324, 1978.
-