

В.Н. Арефьев, К.Н. Вишератин, В.П. Устинов

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ АТМОСФЕРЫ

Представлены результаты измерений интегрального содержания водяного пара в атмосфере спектроскопическим методом. Измерения проводились в районе оз. Иссык-Куль и в районе г. Гавана (Куба).

Статистический анализ выявил периодические колебания влагосодержания атмосферы, обусловливаемые планетарными волнами с различными волновыми числами.

Наиболее характерной чертой водяного пара в атмосфере является сильная изменчивость его общего содержания (W , г/см²) различного временного и пространственного масштаба. Основным источником информации об изменчивости W являются данные аэрологического зондирования. Трудоемкость и специфические особенности радиозондирования ограничивают частоту запуска зондов, что практически не позволяет детально исследовать изменения W в течение дня, суток. Поэтому в настоящее время для изучения флуктуации находят применение другие методы, в частности ИК-гигрометрия.

Ниже приведены результаты исследований W в атмосфере спектроскопическим методом в районе г. Гаваны и оз. Иссык-Куль. Спектроскопические измерения позволяют проследить как межсуточную, так и внутрисуточную (дневной ход) изменчивость W в атмосфере, сведения о которой зачастую не согласуются друг с другом [1–3], выявить другие характеристики W .

Общее содержание водяного пара в столбе атмосферы определялось по измеряемому с помощью полевого спектроскопического комплекса аппаратуры [4] поглощению атмосферой солнечного излучения на частотах $\nu_1 = 4902$ см⁻¹ и $\nu_2 = 4907$ см⁻¹. Градуировка метода осуществлена путем прямого полинейного расчета зависимости пропускания $T = T_{\nu_1}/T_{\nu_2}$ от содержания водяного пара.

Погрешность единичного измерения влагосодержания не превышает 10%, что позволило получить среднечасовые значения с погрешностью 3–5% в зависимости от количества измерений.

В районе оз. Иссык-Куль измерения ведутся с мая 1980 г. В течение года наблюдаются яркие выраженные сезонные изменения интегрального влагосодержания в атмосфере с минимумом в декабре – январе (0,3–0,6 г/см²) и максимумом в июле – августе (2,3–2,7 г/см²) (рис. 1).

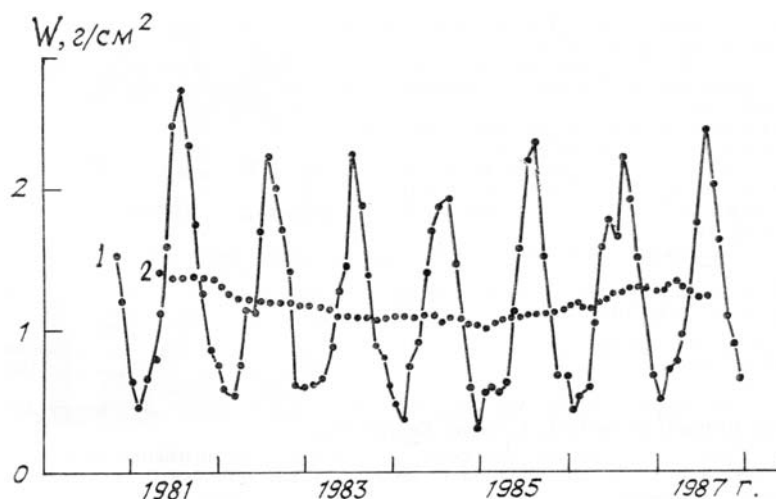


Рис. 1. Сезонные вариации (1) и средние скользящие значения (2)

Здесь же приведен многолетний тренд влагосодержания, полученный методом скользящего годового среднего. За период измерений различие среднегодовых влагосодержаний достигает 25%. Для оценки изменений за более короткие периоды использовался статистический анализ [5]. Вследствие небольшого числа дней, в которые проводились измерения в зимние месяцы, обрабатывались ряды среднедневных влагосодержаний за полгода и менее. Получена изменчивость влагосодержания с периодами около 30–35, 15–16, 11–12, 3–4 суток, которые имеют аналоги в колебаниях общей циркуляции атмосферы. Эти колебания определяются планетарными атмосферными волнами с различными азимутальными волновыми числами. Статистическая обработка дневных временных рядов W показала наличие в атмосфере колебаний W с максимумом в пределах 20 мин. Причем периодич-

ность проявляется лишь в отдельные дни. Ее появление может быть вызвано подветренными горными волнами, зависящими от целого ряда факторов [6, 7].

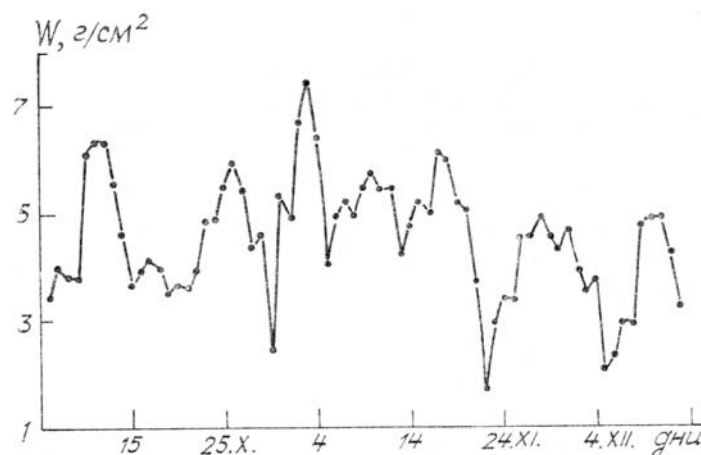


Рис. 2. Изменение общего влагосодержания атмосферы в районе г. Гаваны

Измерения влагосодержания в тропической зоне (г. Гавана) проводились в октябре—декабре 1987 г. Как видно из рис. 2, где приведены средние значения W , влагосодержание испытывает значительную изменчивость. Максимальное влагосодержание, связанное с прохождением тропической дисперсии (1—13 ноября), достигало величин, больших 7 г/см^3 ; минимальное ($1,6 \text{ г/см}^3$) — обусловлено холодным фронтом 21 ноября, т.е. максимальная по амплитуде межсуточная изменчивость была связана с изменением крупномасштабной циркуляции. Статистический анализ выявил гармонические колебания влагосодержания с периодами 10—11 и 3 суток. Полученные периоды наблюдаются при исследовании полей ветра, температуры, давления и влажности тропической зоны и вызваны планетарными волнами Россби [8].

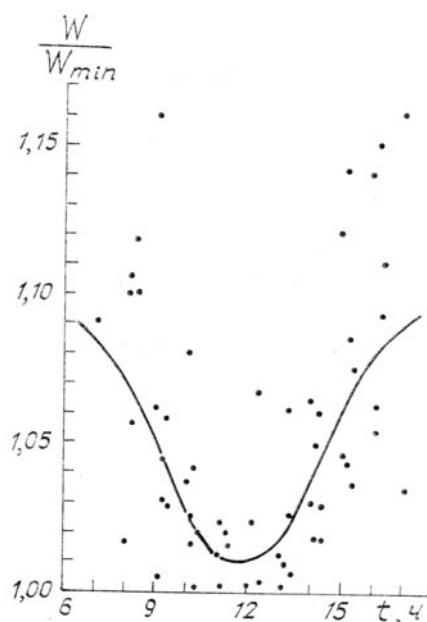


Рис. 3. Дневная относительная изменчивость влагосодержания (точки) и аппроксимация полусуточной гармоникой (сплошная линия)

В период наблюдений выделено несколько типов распределения содержания водяного пара в течение дня. При перестройке циркуляции дневной ход имел различный характер в зависимости от разницы влагосодержания сменяющихся воздушных масс (регулярный рост, падение и т.д.). При устойчивой синоптической ситуации преобладающим был дневной ход с минимумом влагосодержания в течение 10—12 часов. Результаты измерений для условий устойчивого антициклона 18,10—21,10 и 25,11—28,11 в виде среднечасовых относительных величин приведены на рис. 3. Сплошной линией показана полусуточная гармоника, которая, как показала обработка этих данных, наилучшим образом аппроксимирует периодические изменения влагосодержания. Большой диапазон значений влаго-

содержания ($1,5-7 \text{ г/см}^2$), в котором наблюдался такой ход, а также сопутствие ему сравнительно стационарной метеорологической ситуации приводит к предположению о стабильности подобного механизма колебаний влагосодержания в районе измерений. Подтверждением правоты этого предположения может служить наличие двух максимумов величины вертикального переноса водяного пара: днем, около 15 ч местного времени, за счет избыточной упругости водяного пара, ночью, около 3 ч, за счет разности температур вода — воздух [9]. Для проверки и более детального обоснования необходима постановка измерений влагосодержания в ночное время.

Таким образом, результаты статистического анализа общего содержания водяного пара в атмосфере показывают, что влагосодержание испытывает периодические колебания, обусловленные планетарными волнами с различными волновыми числами. Для тропиков и для средних широт периоды волновых движений несколько отличаются. Волновые движения воздушных масс синфазны, по крайней мере, в нижней и средней тропосфере. В тропической зоне определяющим является дневной ход влагосодержания с полусуточным периодом при минимуме в районе местного полудня.

1. Борин В. П., Кузнецова М. Т., Рассадковский В. А., Троицкий А. В. // В кн.: Тайфун—72. Л.: Гидрометеоиздат. 1980. С. 14—23.
2. Евсеева Л. С., Ершов А. Т., Самойленко В. С. // В кн.: Тропэкс—74. Т. 1. Л.: Гидрометеоиздат. 1976. С. 526—537.
3. Петрова Л. П., Перес Р., Амарс Л., Фернандес А., Лапинет А. // В кн.: Тропическая метеорология. Труды международного симпозиума. Л.: Гидрометеоиздат. 1982. С. 131—140.
4. Арефьев В. П., Дианов—Клоков В. И., Малков И. П. Труды Института экспериментальной метеорологии. М.: Гидрометеоиздат. 1983. Вып. 8 (81). С. 73.
5. Дженкинс Г., Ватте Д. Спектральный анализ и его приложения. Т. 1—2. М.: Мир. 1972. 603 с.
6. Матвеев Л. Т. Курс общей метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат. 1976. 639 с.
7. Еланский Н. Ф. // В кн.: Атмосферный озон. Труды VI Всес. симпозиума. Л.: Гидрометеоиздат. 1987. С. 248—254.
8. Добрышман Е. М. Динамика экваториальной атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат. 1980. 286 с.
9. Абрамов Р. В. // В кн.: Тропэкс—74. Т. 1. Л.: Гидрометеоиздат. 1976. С. 437—448.

НПО «Тайфун»,
г. Обнинск

Поступило в редакцию
31 мая 1988 г.

V. N. Arefiev, K. N. Visheratin, V. P. Ustinov. **Spectroscopic Study of Atmospheric Column Water Vapour Content.**

The results of spectroscopic measurements on the atmospheric column water vapour content over the Issyk—Kul region (Kirghizia) and near Hevana (Cuba) are presented.

The statistical analysis shows that the periodic variations of the water vapour content are due to planetary waves with different wave numbers. The observations indicate that air masses have the same phases at least in the lower and middle troposphere. In the tropical zone the day—time variations of the water vapour content have a twelve hour periodicity with a minimum about the local noon.