

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТЕОРОЛОГІЯ,
КЛІМАТОЛОГІЯ
ТА ГІДРОЛОГІЯ**

Міжвідомчий науковий збірник України

Заснований у 1965 році

ВИПУСК 45

Одеса
Астропринт
2002

УДК 551.5

Хохлов В.Н., к.г.н., Мансарлийский В.

Одесский государственный экологический университет

Запасы энергии в нижней стратосфере северного полушария

В работе исследуется пространственно-временное распределение запасов вихревой доступной потенциальной, вихревой кинетической и средней зональной кинетической энергий в слое 150-20 гПа (~ 13-26 км). Показано, что основные запасы, связанные непосредственно со стратосферой расположены в высоких широтах, причем наибольших значений они достигают зимой.

В настоящее время достаточно хорошо известны основные сходства и различия между тропосферными и стратосферными циркуляциями. Кроме того, существуют теории, описывающие характеристики обмена между тропосферой и стратосферой. В целом, такой обмен можно рассматривать как «гидродинамический насос», который отсасывает воздух из тропической нижней стратосферы вверх и гонит его вниз во внетропическую тропосферу по направлению к полюсу. При этом результирующая циркуляция глобального масштаба приводит к нарушению в стратосфере радиационного равновесия. Наибольший обмен отмечается зимой над северным полушарием. Кроме такого глобального взаимодействия существует и влияние меньшего масштаба. Например, установлена взаимосвязь между распространением волн Кельвина в нижней стратосфере и формированием облачности перистых форм вблизи тропической тропопаузы [1].

В настоящей работе исследуется пространственно-временное распределение запасов вихревой доступной потенциальной (P_E), вихревой кинетической (K_E) и средней зональной кинетической (K_M) энергий в слое 150-20 гПа (~ 13-26 км). В качестве исходных использовались данные о среднемесячных значениях зональной и меридиональной составляющих вектора скорости ветра (u и v) и температуры (T) на изобарических поверхностях 150, 100, 70, 50, 30 и 20 гПа за 1980-1993 гг. Указанные выше виды энергии рассчитывались по формулам:

$$P_E = -\frac{R}{2p} \left(\frac{p}{1000} \right)^{\kappa} \frac{\overline{\theta'^2}}{\partial \overline{\theta} / \partial p}; \quad K_E = \frac{\overline{u'^2} + \overline{v'^2}}{2}; \quad K_M = \frac{\overline{u^2} + \overline{v^2}}{2}, \quad (1)$$

где R – газовая постоянная, p – давление, $\kappa = R/c_p$, c_p – удельное тепло при

постоянном давлении, θ - потенциальная температура. В этих формулах используются понятия среднезональной величины и отклонения от нее:

$$\bar{f} = \frac{1}{L} \int_{-L/2}^{L/2} f dx, \quad f' = f - \bar{f},$$

где L – длина широтного круга.

Так как толщина слоев была разная, для удобства анализа при рассмотрении вертикального распределения запасов энергии полученные величины приводились к толщине 10 гПа.

Рассмотрим сначала интегральные запасы указанных величин в различных широтных поясах (рис.1; по оси x показаны середины двухградусных широтных поясов).

Основной максимум запасов вихревой доступной потенциальной энергии отмечаются около 60° с.ш. ($0.40 \cdot 10^6$ Дж м⁻²), а вторичный - 25° с.ш. ($0.11 \cdot 10^6$ Дж м⁻²). Причем, первый из них определяется запасами в средней стратосфере (рис.2), а второй – в слое 100-70 гПа. Последний можно связать с влиянием ячейки Гадлея, которая расположена, в основном,

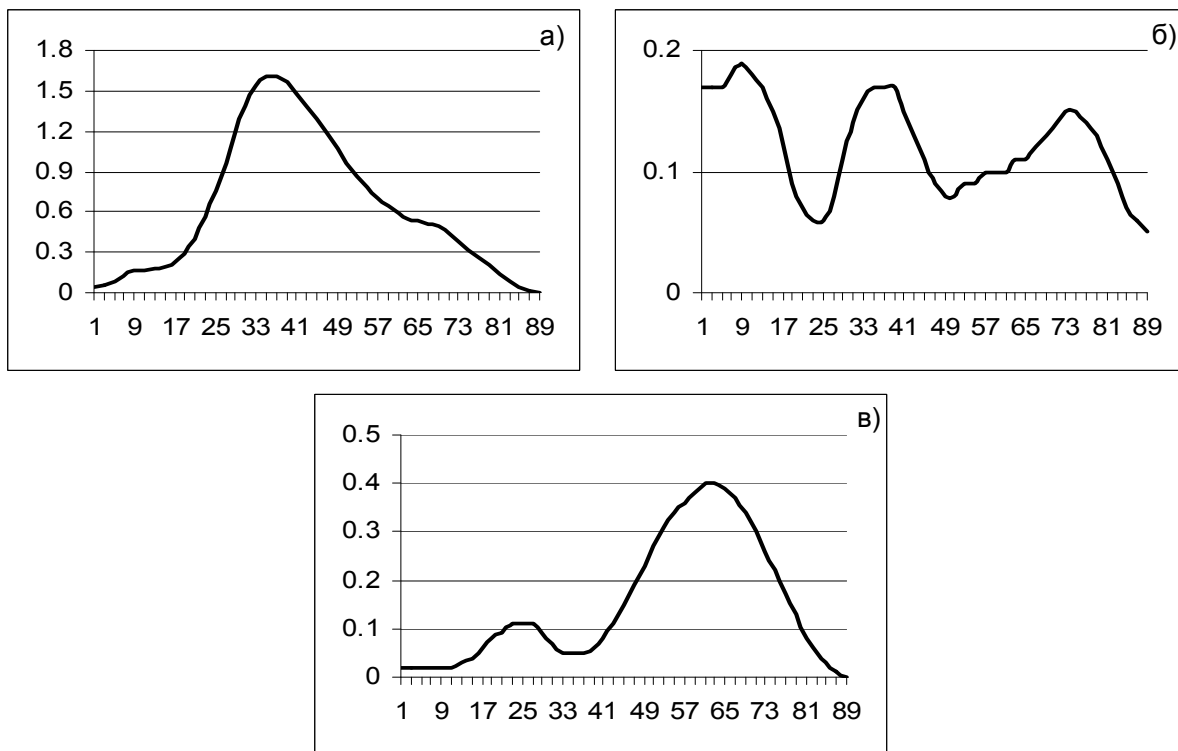


Рис. 1 – Средние за год запасы K_M (а), K_E (б) и P_E (в) в широтных поясах для нижней стратосферы северного полушария ($\times 10^6$ Дж м⁻²).

в тропосфере. В то же время основной максимум непосредственно является стратосферным.

Лишь максимум около 75° с.ш. ($0.15 \cdot 10^6$ Дж м⁻²) запасов вихревой кинетической энергии является стратосферным (рис.2б), тогда как расположенные южнее связаны с процессами, протекающими в тропосфере. Также имеет тропосферное происхождение и максимум средней зональной кинетической энергии (рис.2а), расположенный около 36° с.ш. ($1.61 \cdot 10^6$ Дж м⁻²). Однако последний имеет тенденцию распространения к северу с вы

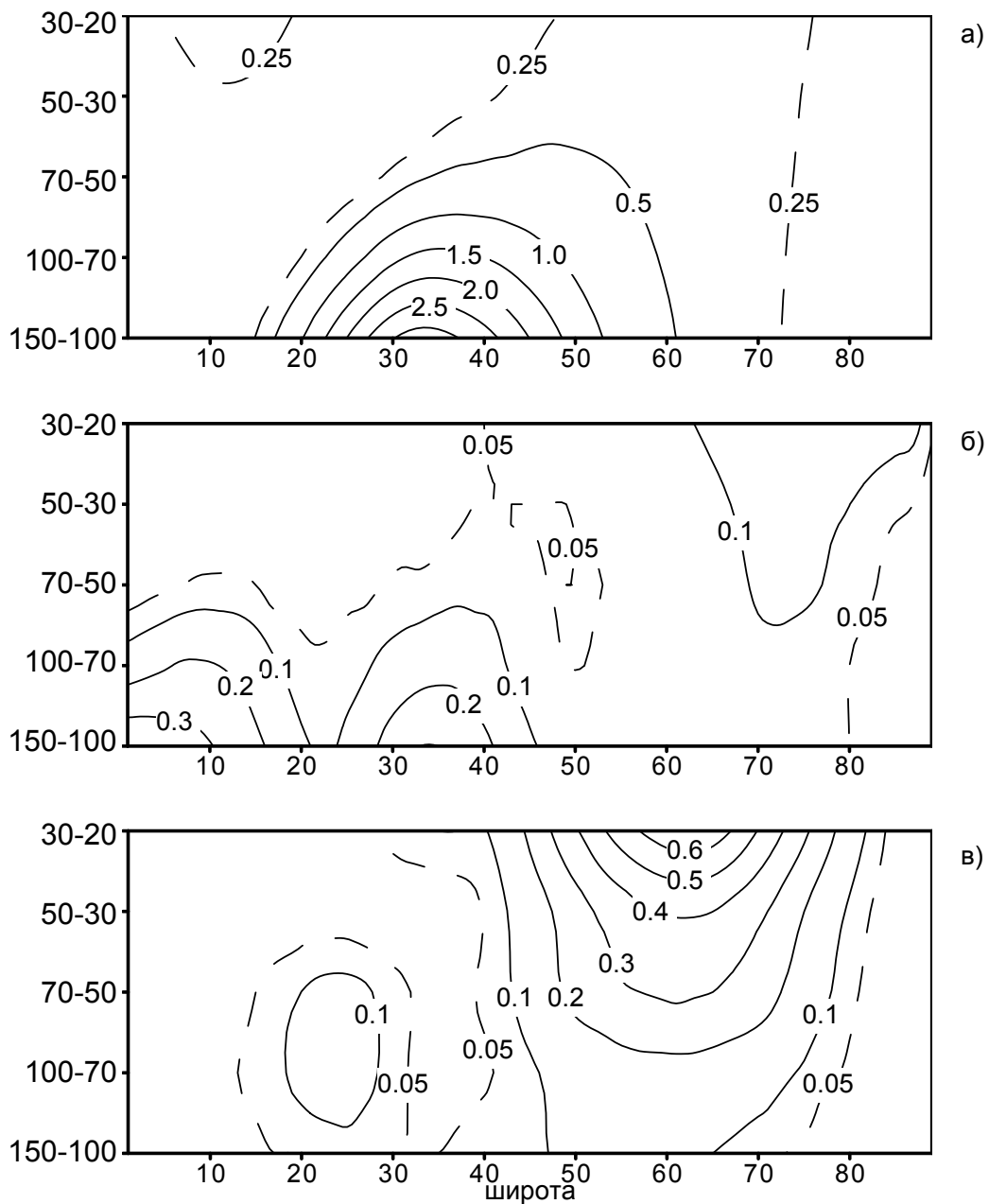


Рис. 2 – Вертикальный разрез средних за год запасов K_M (а), K_E (б) и P_E (в) для нижней стратосферы северного полушария ($\times 10^5$ Дж м⁻² / 10 гПа).

сотой.

Рассмотрим теперь, как изменяются запасы энергии в течение года (рис.3). Как видно, наибольшие запасы вихревой доступной потенциальной энергии наблюдаются в холодную половину года в высоких широтах. Здесь же отмечаются и максимальные запасы вихревой кинетической энергии, а запасы средней зональной кинетической энергии имеют тенденцию распространения в высокие широты.

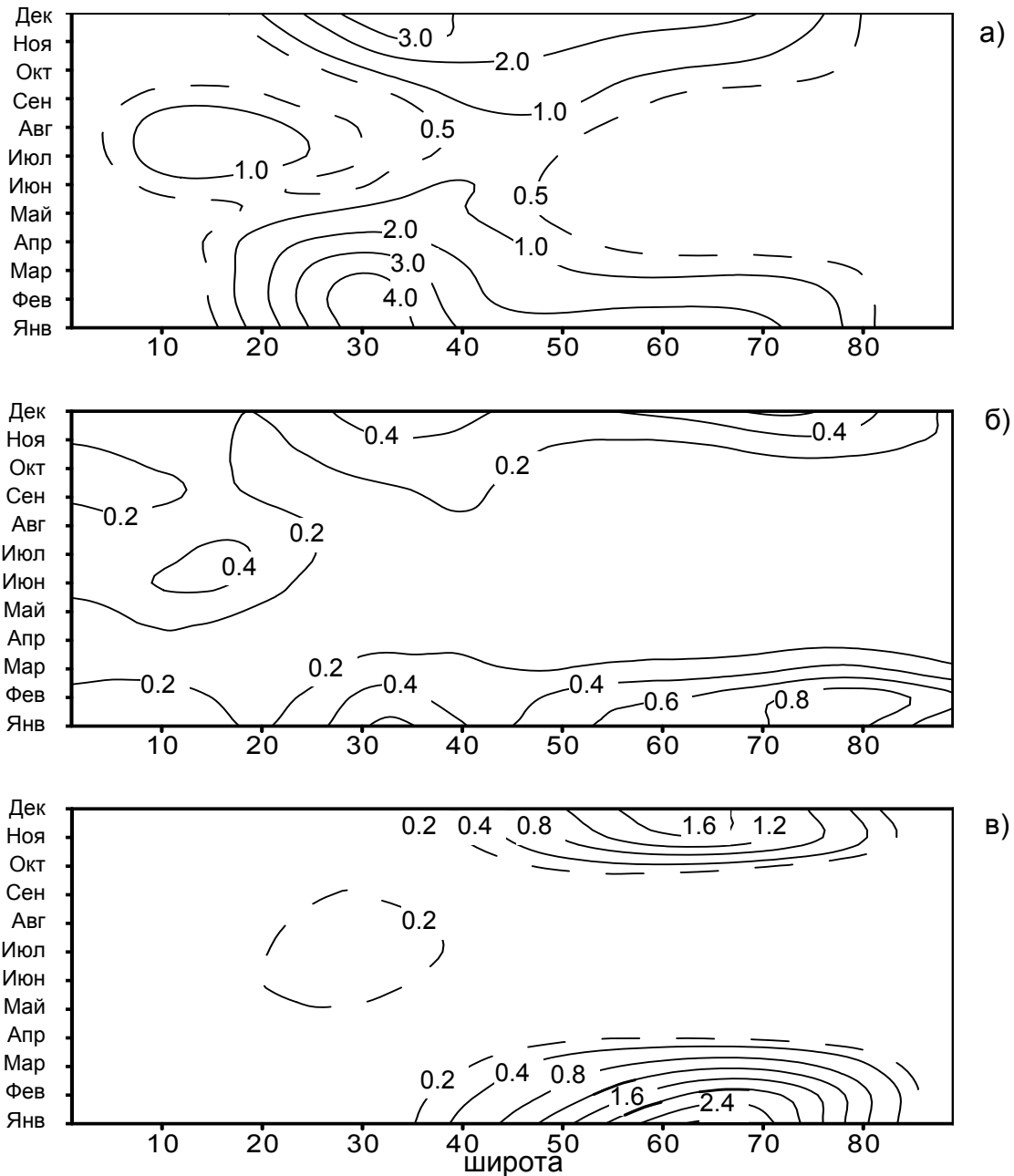


Рис. 3 – Диаграмма Хофмеллера средних за месяц запасов K_M (а), K_E (б) и P_E (в) для нижней стратосферы северного полушария ($\times 10^6$ Дж м⁻²).

Итак, наиболее активной, с энергетической точки зрения, частью стратосферы является ее приполярная область, особенно в холодное время года. Именно здесь сосредоточены основные запасы «стратосферной» вихревой кинетической и вихревой доступной потенциальной энергий. Как уже указывалось выше, в нижней части стратосферы существует прямая циркуляционная ячейка, в которой тропический воздух поднимается вверх, затем переносится вихрями к полюсу и там опускается вниз [2]. С ней и связано подобное распределение энергии. Кроме того, существенную роль здесь могут играть изменения содержания водяного пара: при его увеличении наблюдается радиационное охлаждение, а при уменьшении – потепление. Эти эффекты также наиболее существенны в высоких широтах около 20 гПа [3, 4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Boehm M.T., Verlinde J. Stratospheric influence on upper tropospheric tropical cirrus // *Geophys. Res. Lett.* – 2000. – Vol. 27. – P.3209-3212.
2. Mote P.W., Holton J.R., Boville B.A. Characteristics of stratosphere–troposphere exchange in a general circulation model // *J. Geophys. Res.* – 1994. – Vol. 99. – 16815-16829.
3. Forster P.M. de F., Shine K.P. Stratospheric water vapour changes as a possible contributor to observer stratospheric cooling // *Geophys. Res. Lett.* – 1999. – Vol. 26. – P.3309-3312.
4. Smith C.A., Haigh J.D., Toumi R. Radiative forcing due to trends in stratospheric water vapour // *Geophys. Res. Lett.* – 2001. – Vol. 28. – P.179-182.

Energy content in the lower stratosphere of the Northern Hemisphere

Khokhlov V.N.

The spatial-time distribution of the eddy available potential, eddy kinetic and zonal mean kinetic energies content in the 150-20 hPa (~ 13-26 км) layer is investigated in this work. It is shown that the main contents, which connected with stratosphere directly, are located in the high latitudes and their largest values are observed in winter.