### Dynamic meteorology without tears

### Part II a:

## Jet Streams

2nd Pskov Lecture B Anders Persson, Uppsala Комментарии относительно выводов силы Кориолиса В.М. Radikevitj и Мельниковой (1974) и Radikevitj (1985) Отклоняющая сила вращения Земли (сила Кориолиса)

Министерство высщего и среднего специального образования РСФСР

ЛЕНИИГРАДСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

И. И. МЕЛЬНИКОВА, В. М. РАДИКЕВИЧ

#### ДИНАМИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

(учебное пособие для океанологов)

Под редакцией профессора Д. Л. Лайхтмана

Ленинградсиий Гидрометеорологический ин-т БИБЛИОТЕНА Л-я 1951-66 Маясоутинский пр. 98

ЛЕНИНГРА́Д 1974 Отклоняющая сила вращения Земли представляет дополнительную инерционную силу, действующую на частичку воздуха, движущуюся относительно поверхности Земли. Сила Кориолиса



Рис. 3. Траектория движения частицы от полюса к экватору. (названа по имени французского механика Густава Гаспара Кориолиса, впервые рассчитавшего эту силу) возникает за счет вращения Земли. Если бы Земля не вращалась, то путь частицы воздуха от полюса до экватора был бы NA (рис. 3), в результате вращения- Земли частица попадает в точку  $A_1$ ,  $NA_1 = c \cdot dt$ (где c — скорость частицы). За время dt Земля повернулась на угол  $\delta \alpha = \omega dt$ .

Для малых dt мало  $\delta \alpha$  и можно, считать

 $AA_1 = NA_1 \cdot \delta \alpha = c \omega (dt)^2$ .

С другой стороны, для равномерно-ускоренного движения

$$AA_1 = \frac{1}{2} a \cdot (dt)^2$$

где а — ускорение за счет вращения Земли или ускорение Кориолиса.

Из сравнения выражений для  $AA_1$  получаем

$$a = 2\omega \cdot c, \qquad (2.2.4)$$

1st Pskov lecture B Anders Persson,

274955

Министерство высшёго и среднего специального образования РСФСІ

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

В. М. РАДИКЕВИЧ

#### ДИНАМИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ ДЛЯ ОКЕАНОЛОГОВ

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР

в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальности «Океанология»

ЛЕНИНГРАДСКИИ ОРДЕНА ЛЕНИНА ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ имени М. И. КАЛИНИНА

ЛЕНИНГРАД 1985 Отклоняющая сила вращения Земли (сила Кориолиса)

Отклюняющая сила вращения Земли представляет дополнительную инерционную силу, действующую на частичку воздуха, движущуюся относительно поверхности Земли.

Сила Кориолиса (названа по имени французского механика Густава Гаспара Кориолиса, впервые рассчитавшего эту силу) возникает за счет вращения Земли. Если бы Земля не вращалась, то путь частицы воздуха за время  $\delta t$  от полюса в сторону экватора был бы NA(рис. 4), за счет вращения Земли частица попадает в точку  $A_1$ ,  $NA_1 = c\delta t$  (c — скорость частицы), так как за время  $\delta t$  Земля повернется на угол  $\delta \alpha = \omega \delta t$  и  $AA_1 = NA_1$   $\delta \alpha = c\omega (\delta t)^2$ . Однако для равномерно-ускоренного движения  $AA_1 = \frac{1}{2} a_{\rm fx} (\delta t)^2$ , где  $a_{\rm fx}$  должно представлять



Рис. 4. Траектория движения частицы от полюса в сторону экватора.

ускорение за счет вращения Земли или ускорение Кориолиса. Из сравнения выражений для АА<sub>1</sub> получаем

$$a_{\kappa} = 2\omega c. \tag{2.3.4.}$$

С учетом векторного характера величин угловой скорости вращения Земли  $(\vec{\omega})$  и скорости движения частиц  $(\vec{c})$ , общее выражение для ускорения Кориолиса имеет вид

$$\vec{a}_{\kappa} = 2 \left( \vec{\omega} \times \vec{c} \right) . \tag{2.3.5}$$

21

1st Pskov lecture B Anders Persson,

5/31/2016





It is assumed that the deflection is only due to the Coriolis effect and that abs velocity is conserved <sup>5/31/2016</sup>

Joseph Bertrand 1822-1900

1st Pskov lecture B Anders Persson,

Both in Bertrand's 1847 derivation and Radikevitj's and Melnikova's the moving object is supposed to conserve its absolute velocity. At the same time there is in the Bertrand derivation a mechanism for increasing the <u>relative velocity</u>  $V_r > \Delta R / \Delta t$ , although we neglect that in the mathematical treatment because  $\Delta t \ll 1$ 





1stoPskov lecture B Anders Persson Inneala

### "The Heart of Dynamic Meteorology" R.C.Sutcliffe, 1981



#### The acceleration is orthogonal to the ageostrophic wind

2nd Pskov Lecture B Anders Persson, Uppsala



Anders Persson, Uppsala

### The <u>erroneous</u> text book image of geostrophic adjustment in a constant pressure field



### The <u>correct</u> interpretation of <u>ageostrophic</u> <u>flow</u> in a constant pressure field



## The real image of motion of an air parcel in a constant pressure field





The motion can be seen as a combination of straight acceleration and inertia circle motion



### The motion evolves into cycloids



This is not playing with mathematics but opens up to an understanding of three important meteorological features:

9.1 Nocturnal jet stream

**9.2 Synoptic scale jet streams** 

9.3 Aspects of the general circulation

### 9.1 Nocturnal jet streams

The forces acting on a moving air parcel (wind) with pressure gradient force (PGF), Coriolis force ( $2\Omega V$ ) and friction balancing each other



When night falls the winds above the friction layer loses contact with the ground and the frictional resistance



2nd Pskov Lecture B Anders Persson, Uppsala

## We now introduce the geostrophic wind V<sub>g</sub> **PGF** acc g $2\Omega V$ $2\Omega V_g$

### We now introduce the difference between the geostrophic and ageostrophic winds V-V<sub>g</sub> PGF



# The acceleration is orthogonal to the ageostrophic wind



# The acceleration carries the air parcel around



# The acceleration carries the air parcel around



## Authentic inertial oscillation, "nocturnal jet" over 14-15 hours (Netherlands)



In this nocturnal jet the wind varies between 5 and 16 m/s

2nd Pskov Lecture B Anders Persson, Uppsala

### 9.2 Synoptic jet streams

## The real image of motion of an air parcel in a constant pressure field

Low pressure



### The pressure field and the winds will mutually adjust to each other and stretch the cycloid from a normal to a curtate



## In this case the motion evolves into this type of curtate cycloid



## The unperturbed mid-latitude jetstream (similar to the Subtropical in appaearance)

250hPa Z 2001-02-12 12h fc t+96 v::2001-02-16 12h



#### The typical flow and energy conversions



### 9.3 Aspects of the general circulation

### (Just one slide!)



### END