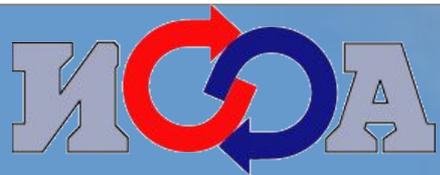


# Низкоуровневые струйные течения надо льдом в Арктике: влияние неоднородностей подстилающей поверхности

Чечин Д.  
Г.

# Струйное течение нижнего уровня: наблюдения

Повторяемость	Географическое положение /измерительная кампания	Публикация
60-90%	Центральная Арктика International Arctic Ocean Expedition (IAOE) 1991	Nilsson 1996
80%	Морской лед, Море Уэдделла, 1992	Andreas et al. (2000), Makshtas et al. (1998),
60-70%	Морской лед, Балтийское море BASIS-1998; BASIS-2001	Brummer et al (2005)
60-70%	Центральная Арктика, Arctic Ocean Expedition 1996	ReVelle and Nilsson (2007)
46%	Центральная Арктика, станция Тара, 2007	Jakobsen et al (2013)



## 1. Инерционные колебания по аналогии с ночными

- из-за локальных изменений (Andreas et al., 2000)

- из-за пространственных неоднородностей (Smedman et al., 1993; Vihma and Brummer 2002; Vihma et al., 2003)

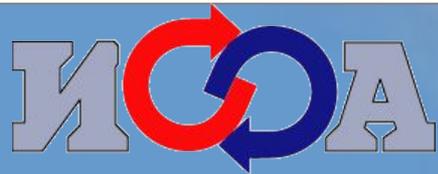
## 2. Инерционно-гравитационные колебания

- после скачка шероховатости (Yuen and Young, 1986)

## 3. Влияние бароклинности

- во время холодных вторжений и над полыньями (Chechin et al., 2013; Репина и Чечин, 2012)

## 4. Прохождение фронтов

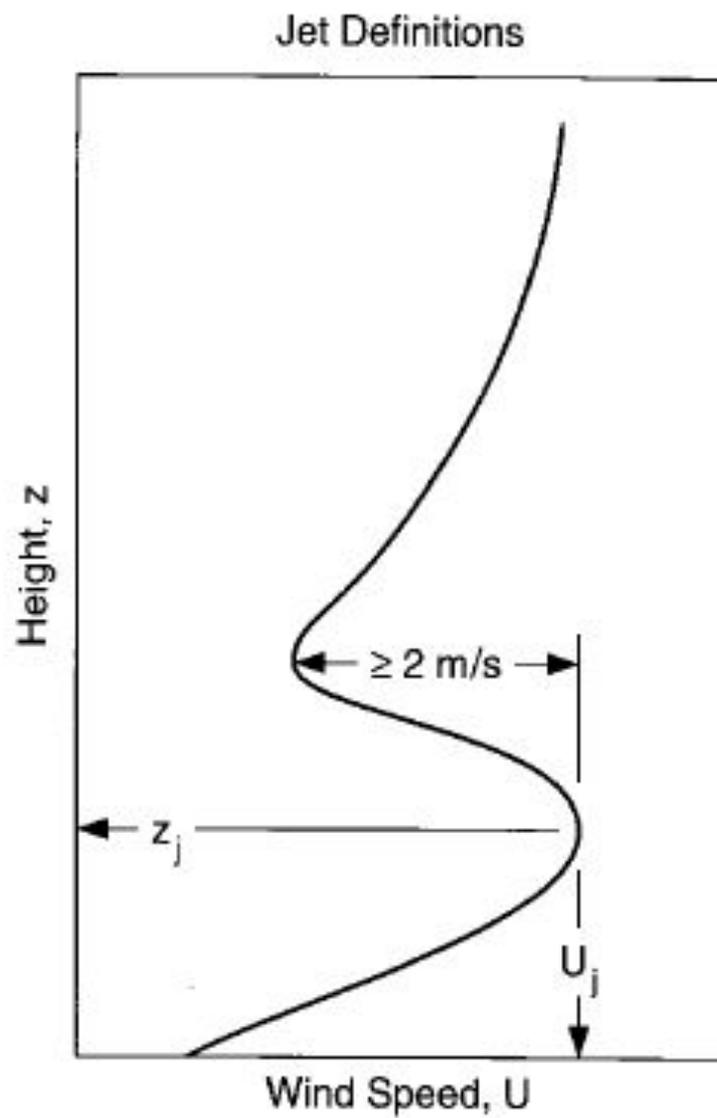


1. Количественная оценка параметров НУСТ по данным численного моделирования
2. Оценка чувствительности параметров НУСТ к используемым параметризациям турбулентности

Дальнейшие задачи:

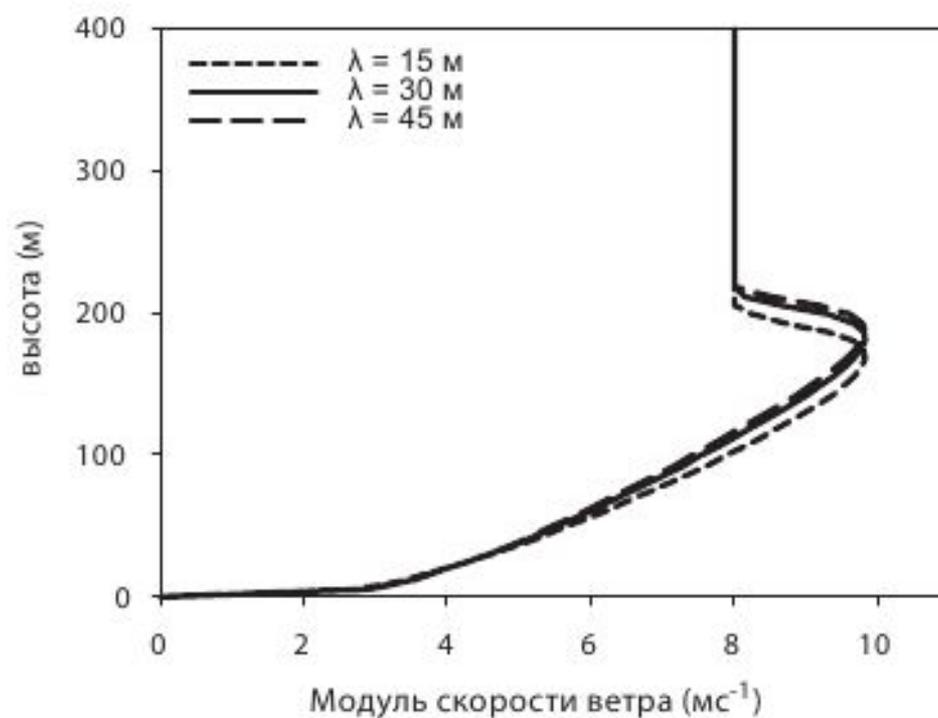
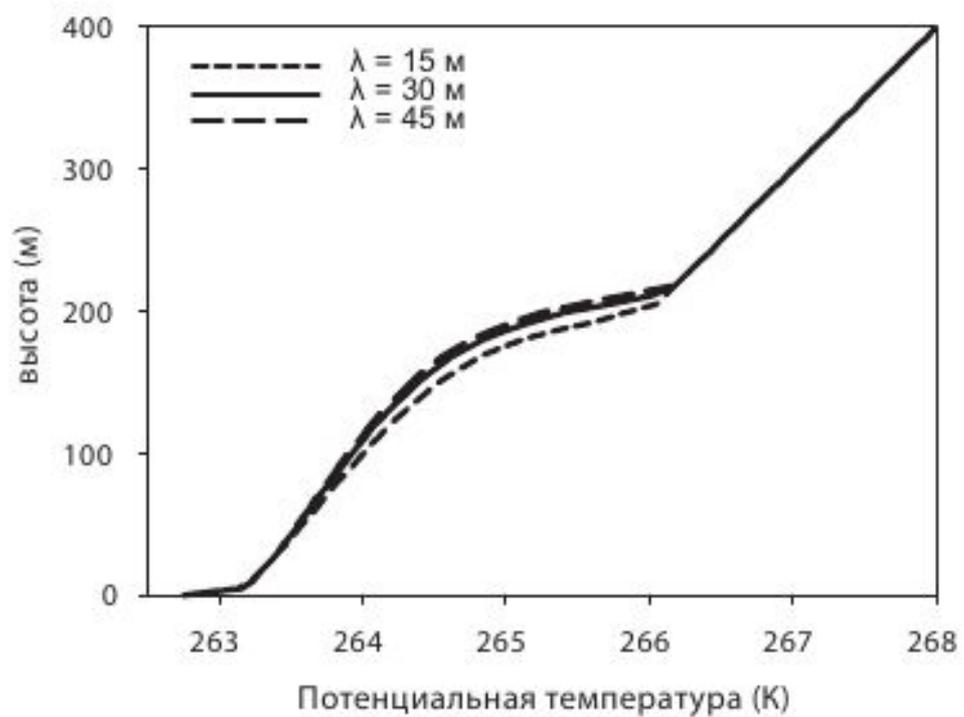
1. Диагностика физического механизма НУСТ, построение простой аналитической модели
2. Количественная оценка влияния на характеристики турбулентного обмена в пограничном слое

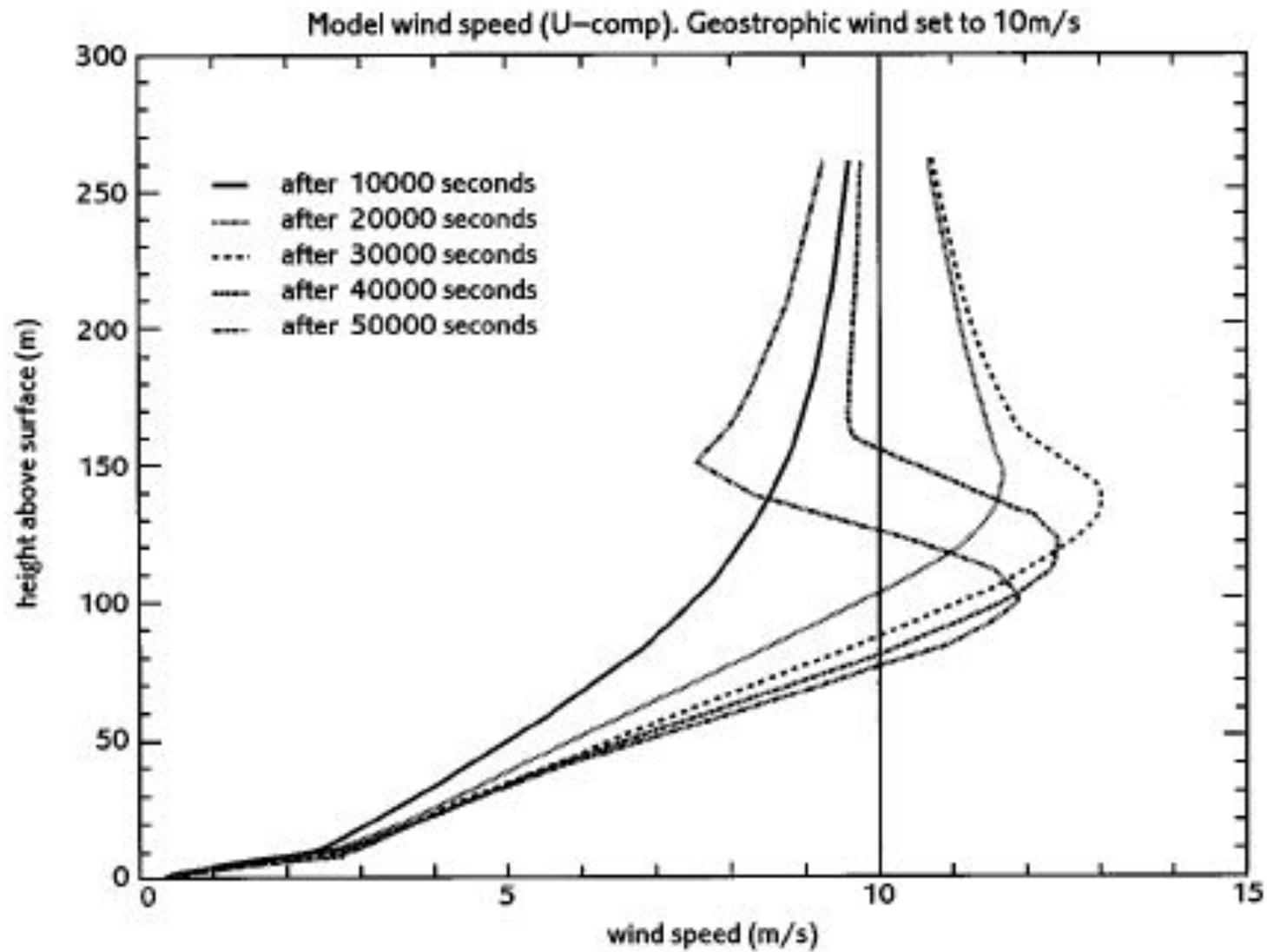
# Параметры СТ и критерий его идентификации



*Andreas et al. 2000*

# Устойчивый АПС надо льдом





Davies 2000

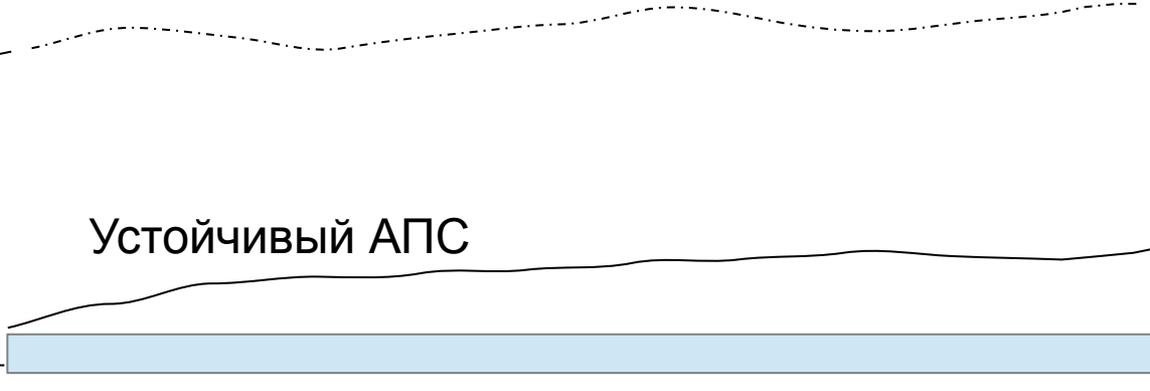
# Натекание холодного воздуха на полынью или теплого воздуха на кромку льда

1.

Конвективный АПС



ПОЛЫНЯ



Устойчивый АПС

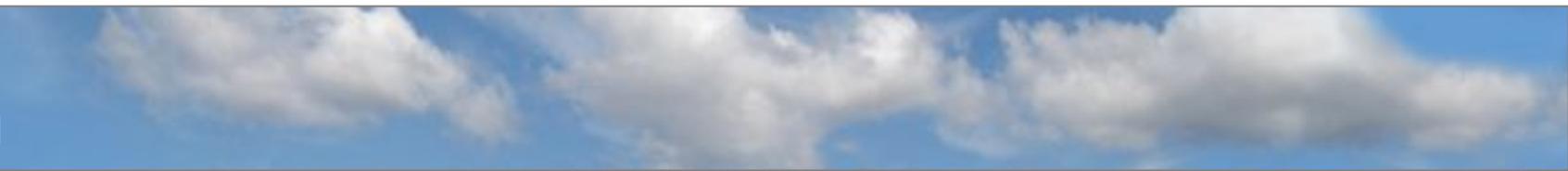
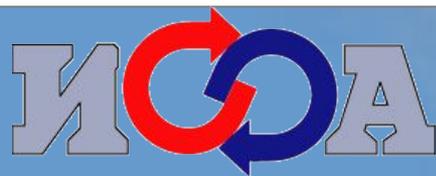
2.



Нейтральный или слабонеустойчивый АПС



Устойчивый АПС



**Инерционные колебания**

Длина волны:

$$L = 2\pi R = \frac{2\pi U}{f}$$

**Инерционно-гравитационные колебания:**

Длина волны:

$$L = 2\pi R Fr^{-1/2} |Fr - 1|^{1/2} \quad \text{при } Fr > 1$$

Число Фруда:

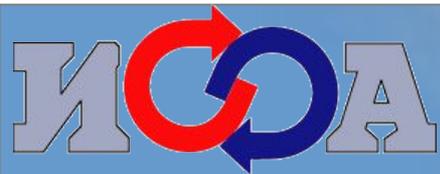
$$Fr^{1/2} = R/\lambda$$

Радиус деформации Россби:

$$\lambda = \frac{\sqrt{\tilde{g}H}}{f} \quad \tilde{g} = \frac{\Delta\theta}{\theta + \Delta\theta}g$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial}{\partial t}(up_*) + \frac{\partial}{\partial x}(u^2p_*) + \frac{\partial}{\partial y}(vup_*) + \frac{\partial}{\partial \sigma}(\dot{\sigma}up_*) = \\
 - p_* \frac{\partial \phi'}{\partial x} + \sigma \frac{\partial p_*}{\partial x} \frac{\partial \phi'}{\partial \sigma} + fvp_* + p_* (D_u) \\
 \frac{\partial}{\partial t}(vp_*) + \frac{\partial}{\partial x}(uvp_*) + \frac{\partial}{\partial y}(v^2p_*) + \frac{\partial}{\partial \sigma}(\dot{\sigma}vp_*) = \\
 - p_* \frac{\partial \phi'}{\partial y} + \sigma \frac{\partial p_*}{\partial y} \frac{\partial \phi'}{\partial \sigma} - fup_* + p_* (D_v) \\
 \frac{\partial}{\partial t}(\tilde{w}p_*) + \frac{\partial}{\partial x}(u\tilde{w}p_*) + \frac{\partial}{\partial y}(v\tilde{w}p_*) + \frac{\partial}{\partial \sigma}(\dot{\sigma}\tilde{w}p_*) = \\
 - Sp_* \frac{\partial \phi'}{\partial \sigma} + p_* g \frac{\theta'}{\theta_s} + p_* (D_w) \\
 \frac{\partial}{\partial t}(\theta p_*) + \frac{\partial}{\partial x}(u\theta p_*) + \frac{\partial}{\partial y}(v\theta p_*) + \frac{\partial}{\partial \sigma}(\dot{\sigma}\theta p_*) = -S\tilde{w}p_* \frac{\partial \theta_s}{\partial \sigma} + p_* (D_\theta) \\
 \frac{\partial}{\partial t}(p_*) + \frac{\partial}{\partial x}(up_*) + \frac{\partial}{\partial y}(vp_*) + \frac{\partial}{\partial \sigma}(\dot{\sigma}p_*) = 0
 \end{aligned}$$

+ диагностическое уравнение для возмущения  
геопотенциала



## Граничные условия

---

### На боковых границах расчетной области:

Условия Неймана или Дирихле или условия излучения  $u, v, \theta, p_0$

### На нижней границе:

параметризация потоков тепла и импульса на основе теории подобия Монины - Обухова

### На верхней границе:

условие непротекания

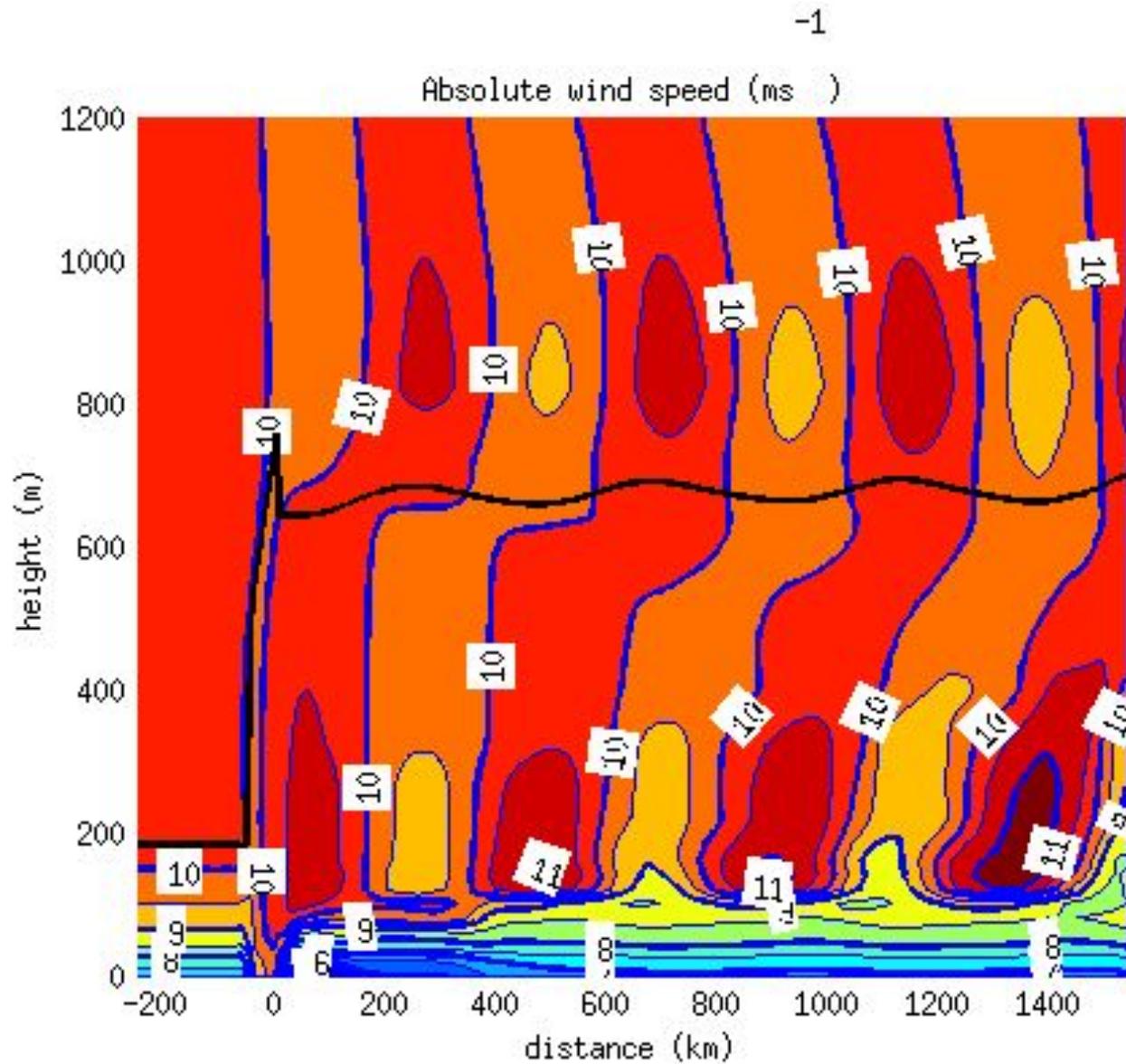
### Численная реализация:

---

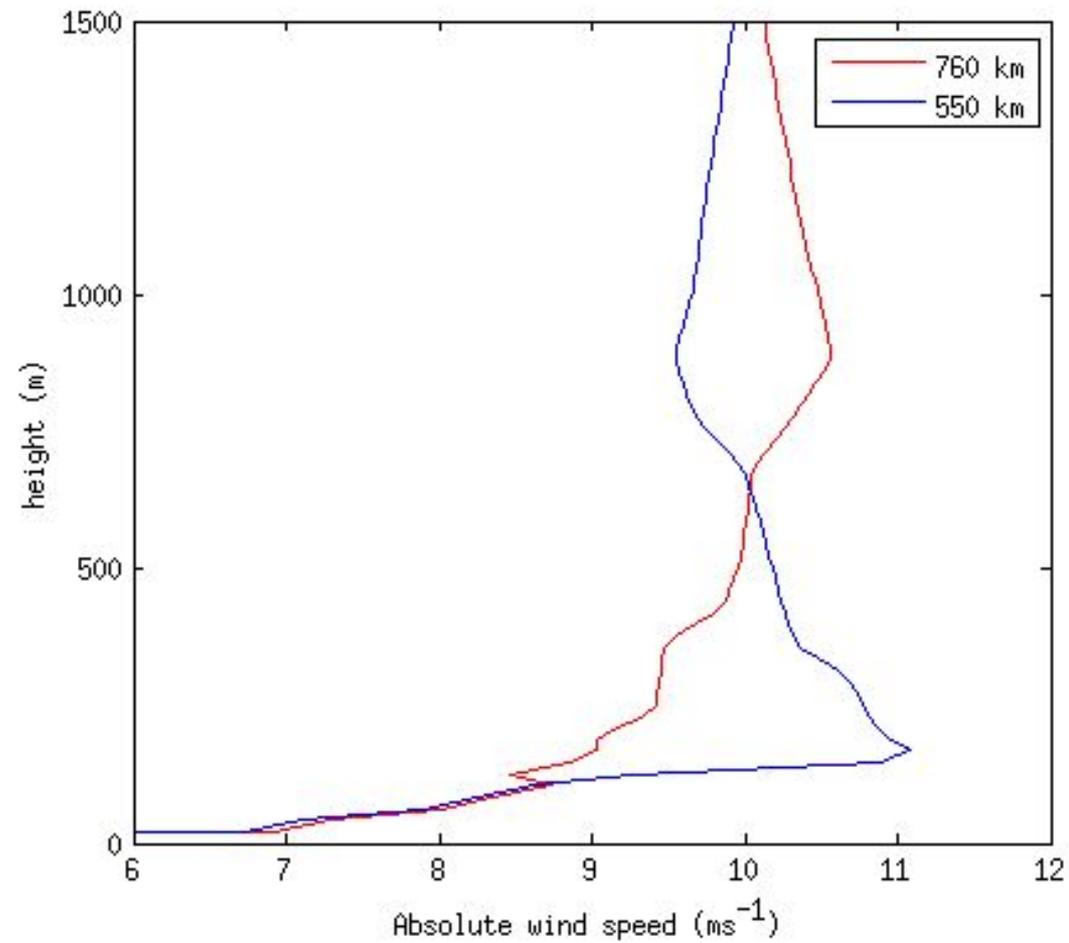
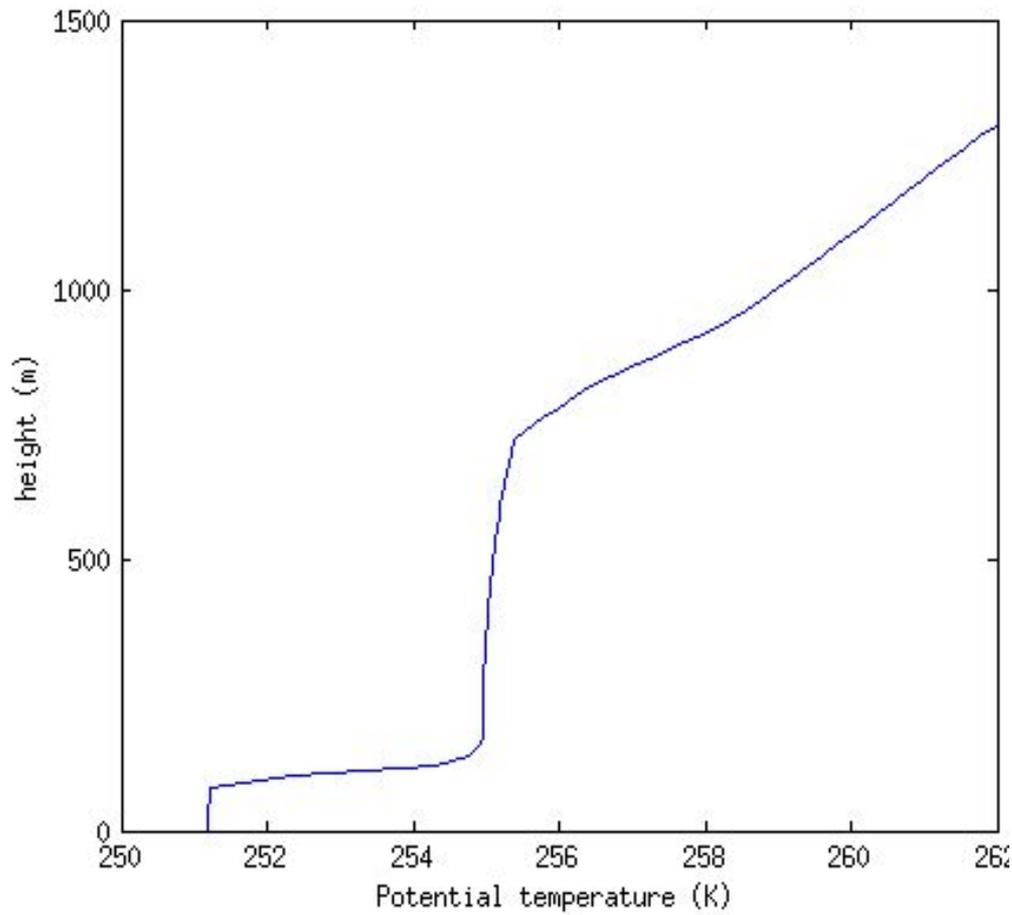
- разнесенная C-сетка Аракавы
- схема интегрирования по времени «чехарда» с фильтром Аселина
- центральные разности для производных
- монотонная схема адвекции для скаляров
- численное сглаживание по горизонтали 4-го порядка

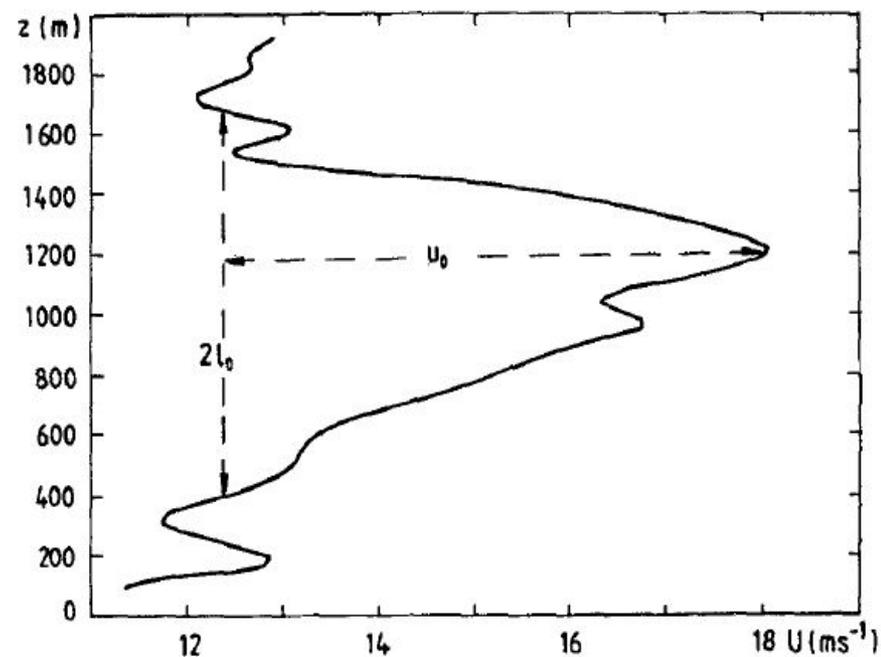
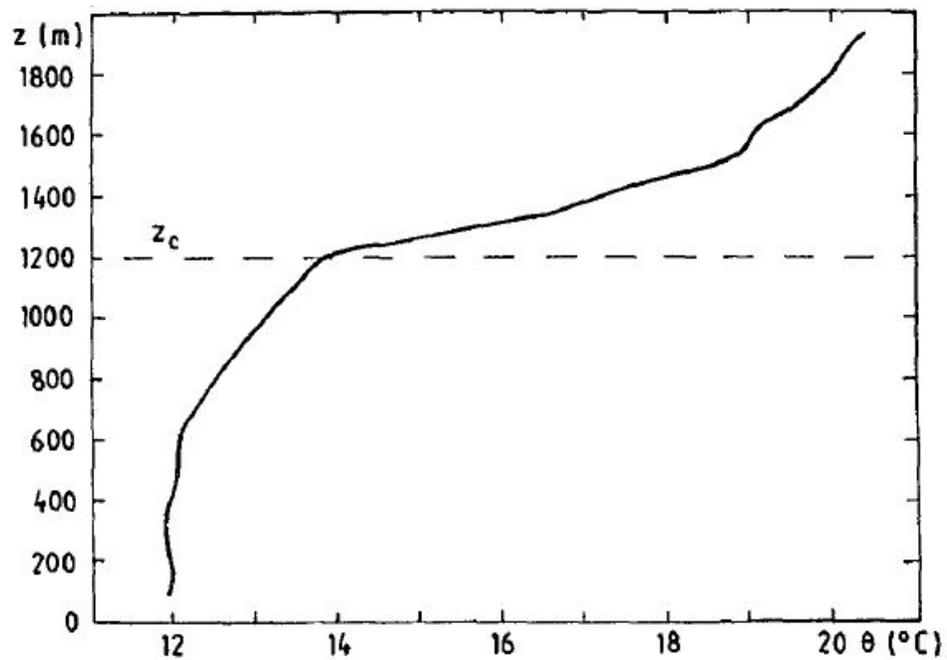


# Натекание холодного воздуха на полынью

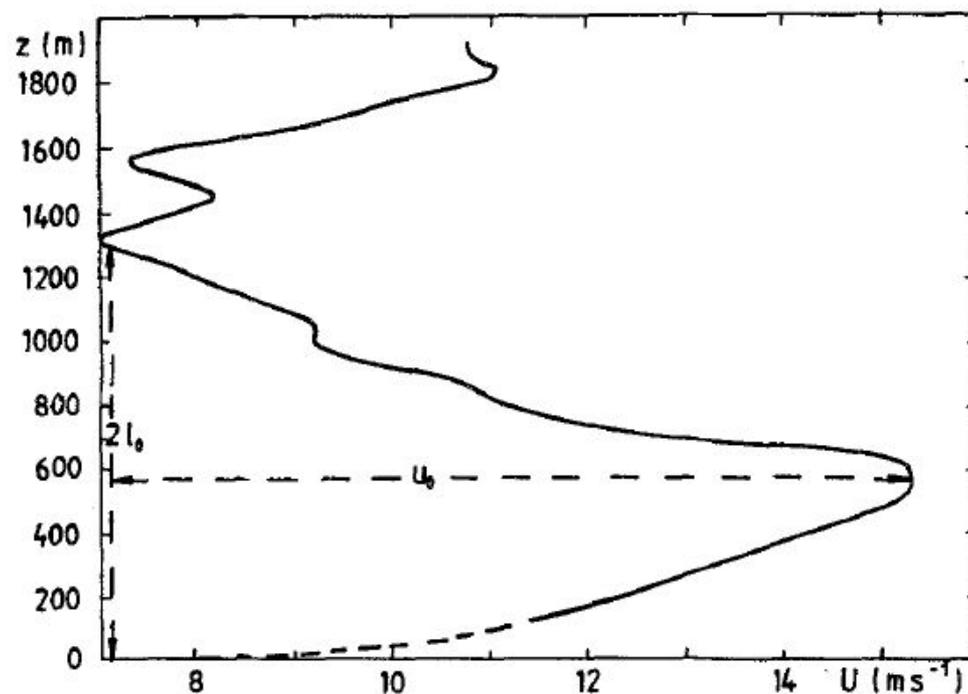
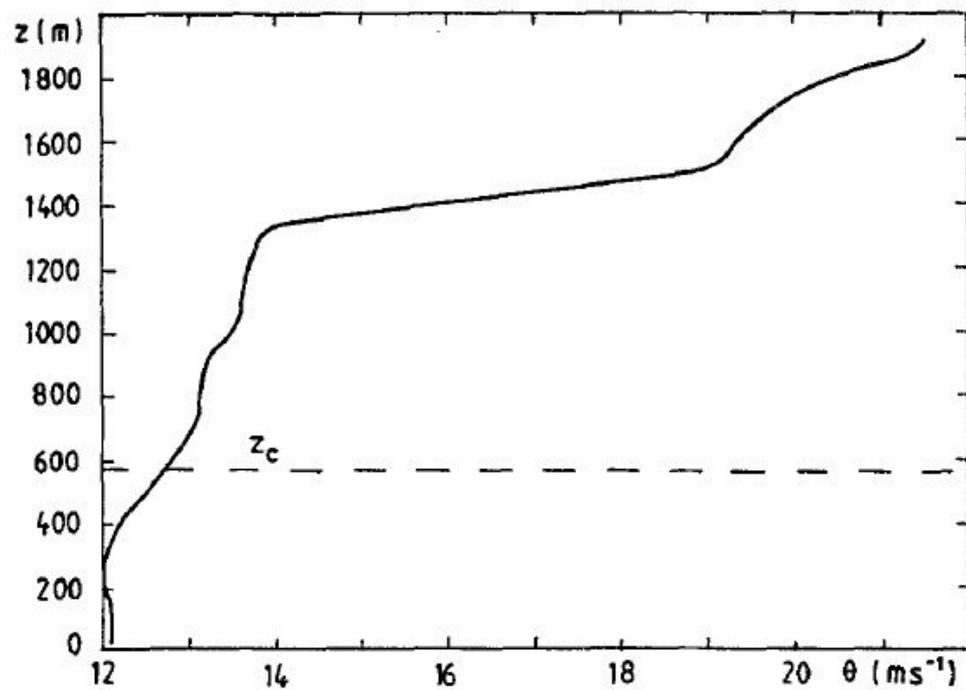


# Натекание холодного воздуха на полярную область





Smedman et al., 1993



Smedman et al., 1993

# Натекание холодного воздуха на полыню

