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)

Предлагаемые механизмы

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

Задачи

1. Количественная оценка параметров НУСТ по данным численного моделирования

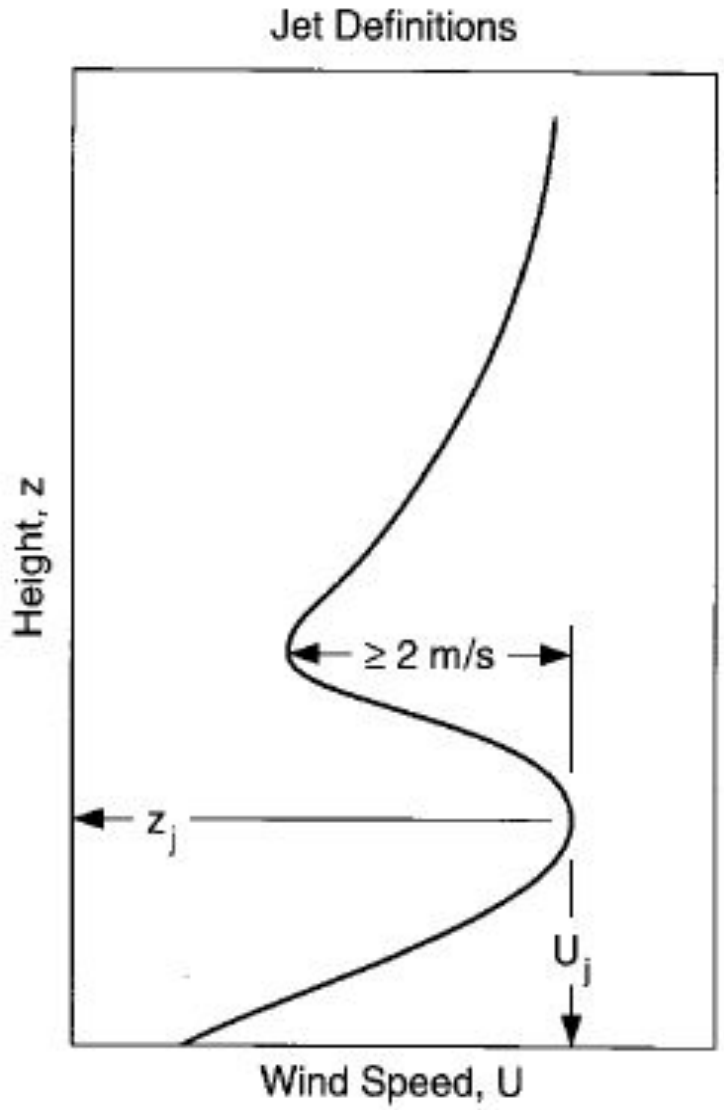
2. Оценка чувствительности параметров НУСТ к используемым параметризациям турбулентности

Дальнейшие задачи:

1. Диагностика физического механизма НУСТ, построение простой аналитической модели

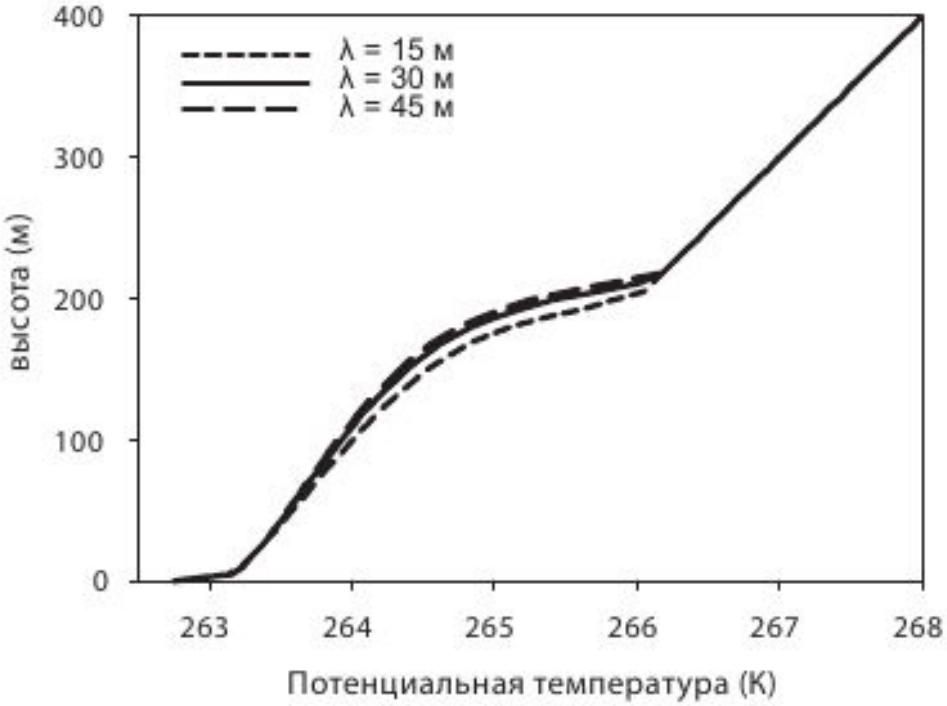
2. Количественная оценка влияния на характеристики турбулентного обмена в пограничном слое

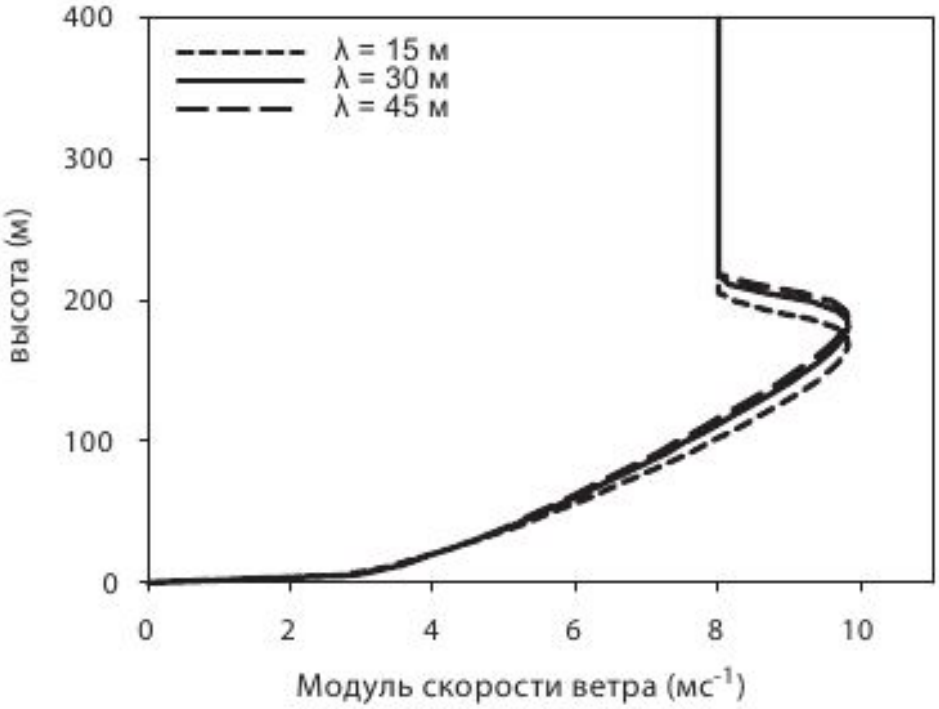
Параметры СТ и критерий его идентификации

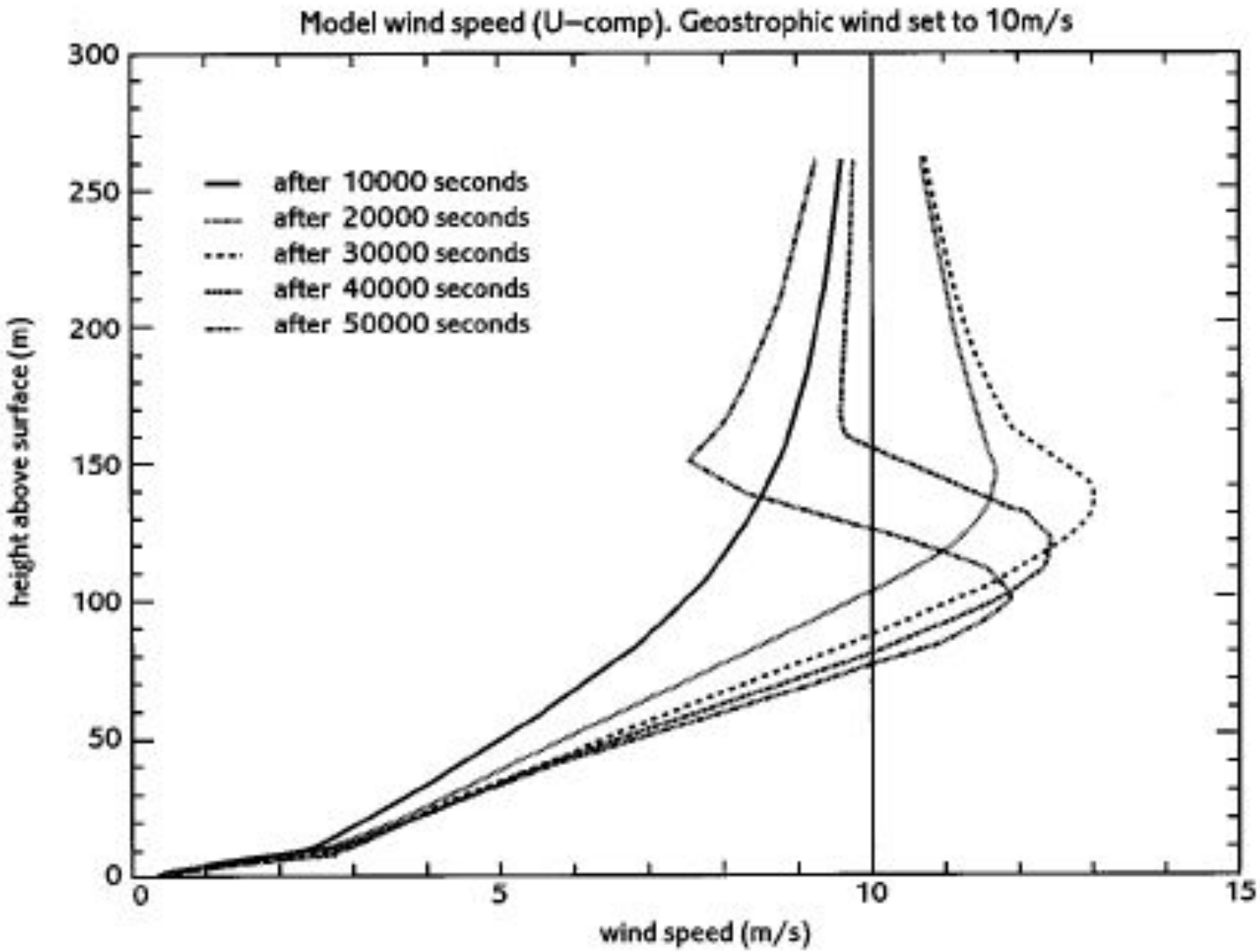


Andreas et al. 2000

Устойчивый АПС надо льдом



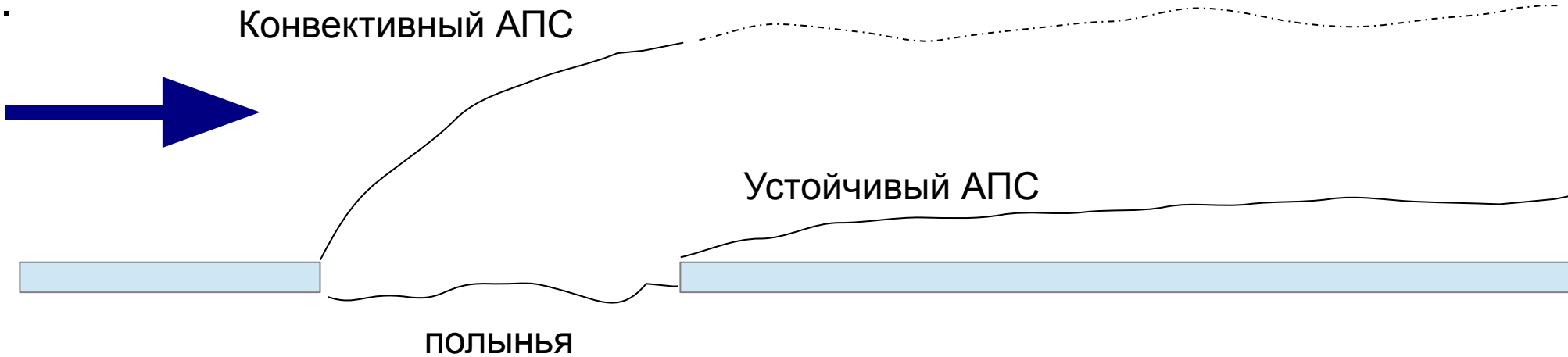



Model wind speed (U–comp). Geostrophic wind set to 10m/s
after 10000 seconds
after 20000 seconds
after 30000 seconds
after 40000 seconds
after 50000 seconds
height above surface (m)
wind speed (m/s)
0
50
100
150
200
250
300
0
5
10
15

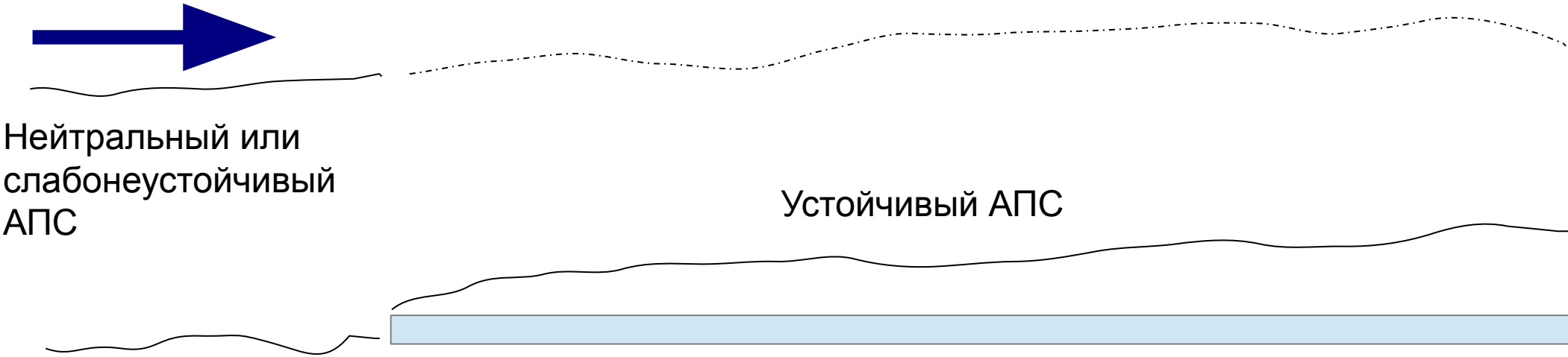
Davies 2000

Натекание холодного воздуха на полынью или теплого воздуха на кромку льда

1.



2.



Натекание холодного воздуха на полынью или теплого воздуха на кромку льда

Инерционные колебания

Длина волны:

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

Инерционно-гравитационные колебания:

Длина волны:

$$L = 2\pi R Fr^{-1/2} |Fr - 1|^{1/2}$$

при $Fr > 1$

Число Фруда:

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

Радиус деформации Россби:

$$\lambda = \frac{\sqrt{\tilde{g}H}}{f}$$

$$\tilde{g} = \frac{\Delta\theta}{\theta + \Delta\theta} g$$

Негидростатическая модель NH3D

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

$$\frac{\partial}{\partial t}(p_*) + \frac{\partial}{\partial x}(up_*) + \frac{\partial}{\partial y}(vp_*) + \frac{\partial}{\partial \sigma}(\dot{\sigma} p_*) = 0$$

+ диагностическое уравнение для возмущения геопотенциала

Граничные условия

На боковых границах рассчетной области:
Условия Неймана или Дирихле или условия излучения u, v, θ, p0

На нижней границе:

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

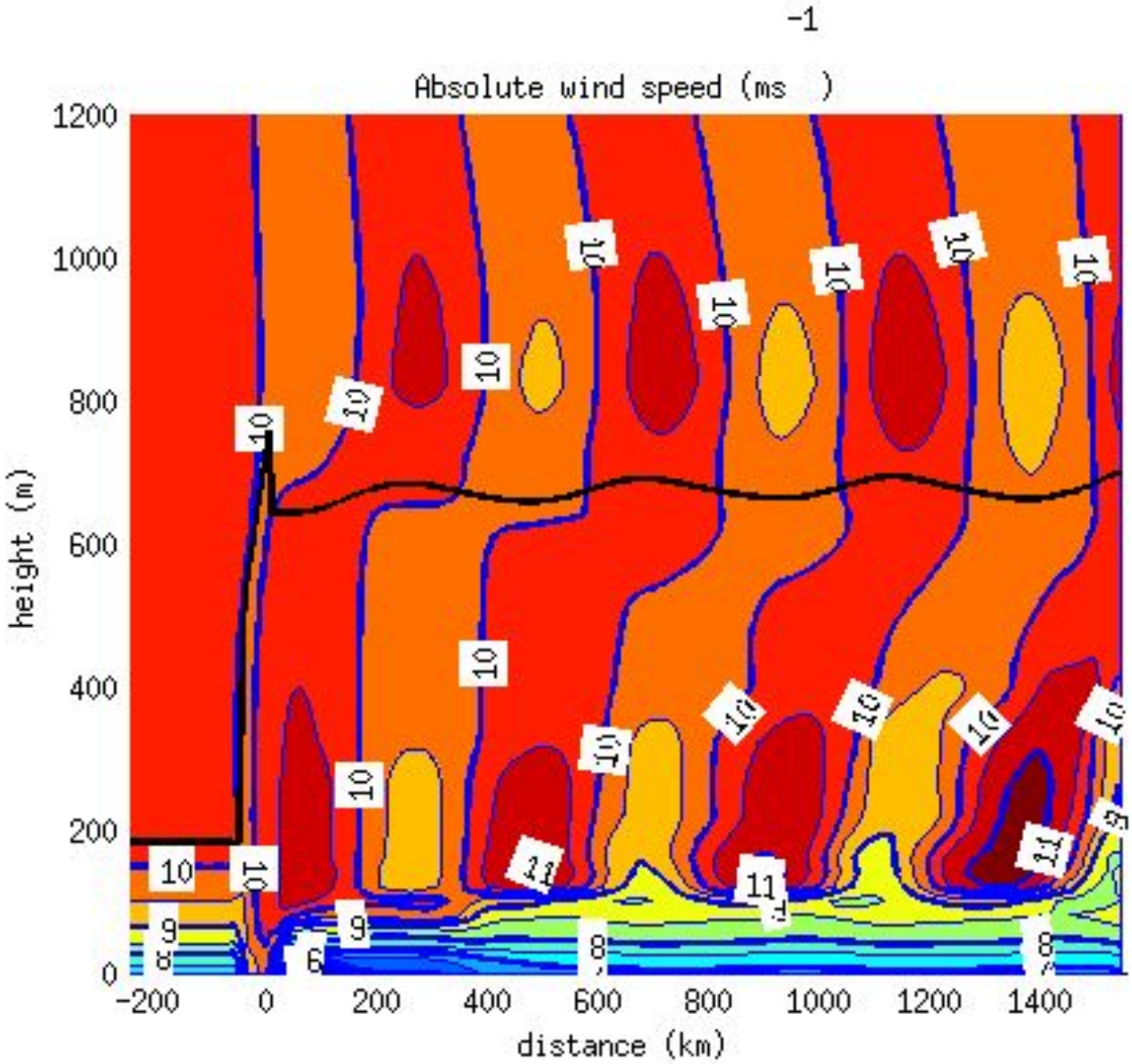
На верхней границе:

условие непротекания

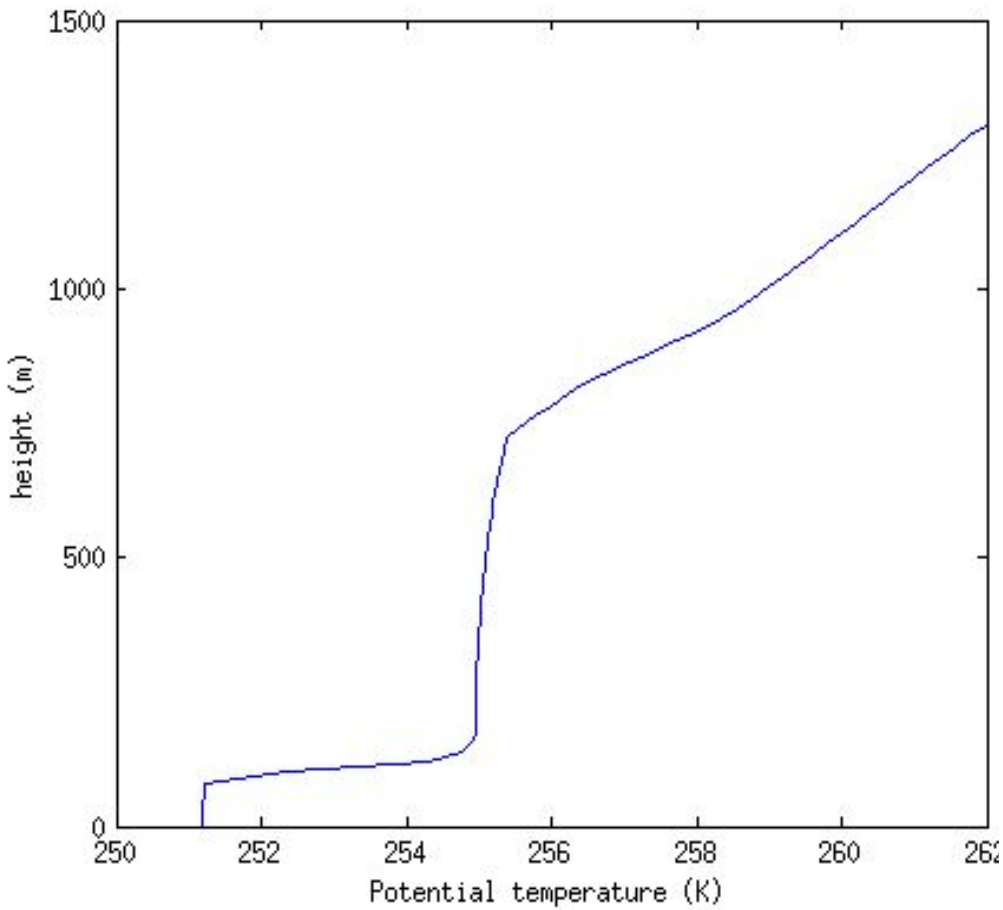
Численная реализация:

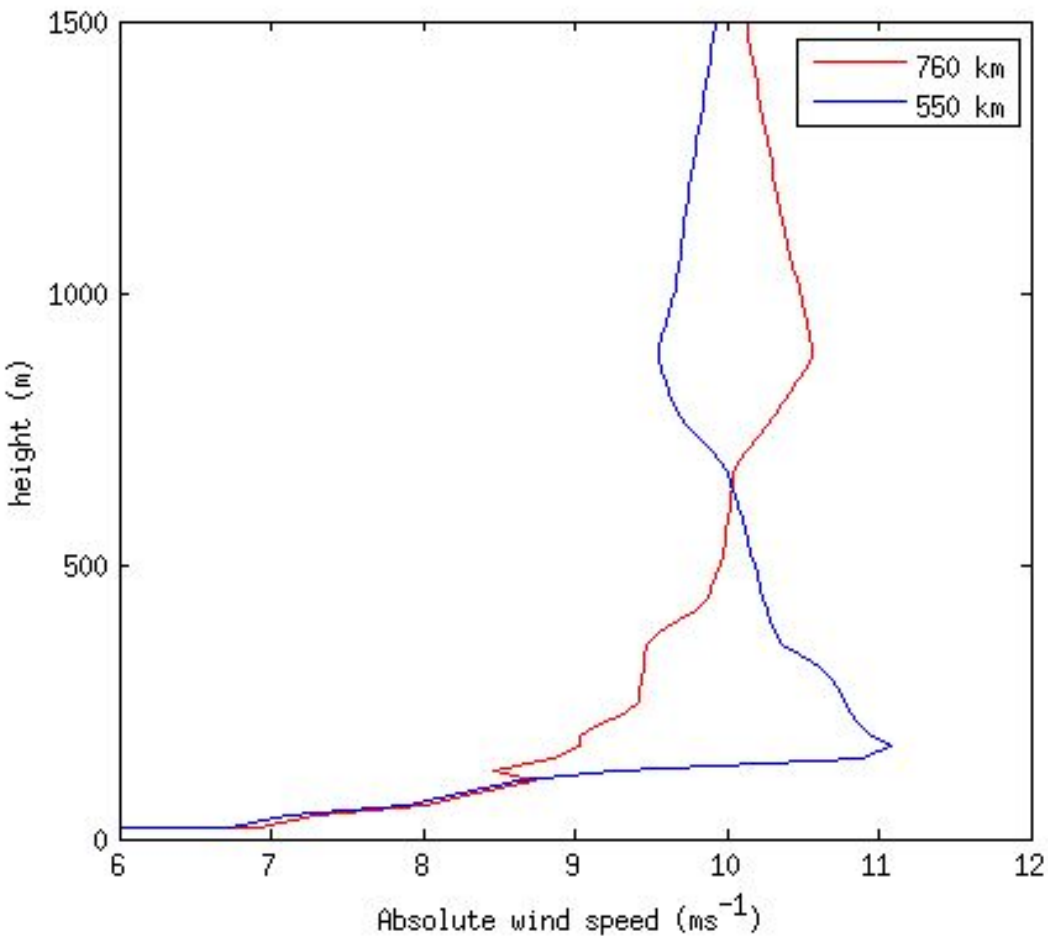
- разнесенная С-сетка Аракавы
- схема интегрирования по времени «чехарда» с фильтром Аселина
- центральные разности для производных
- монотонная схема адвекции для скаляров
- численное сглаживание по горизонтали 4-го порядка

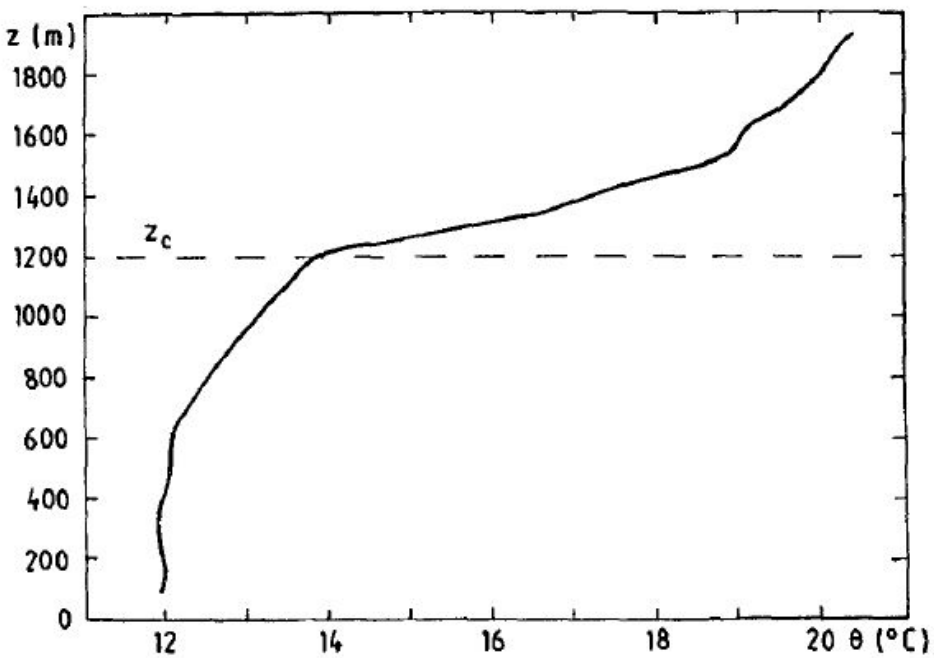
Натекание холодного воздуха на полынью

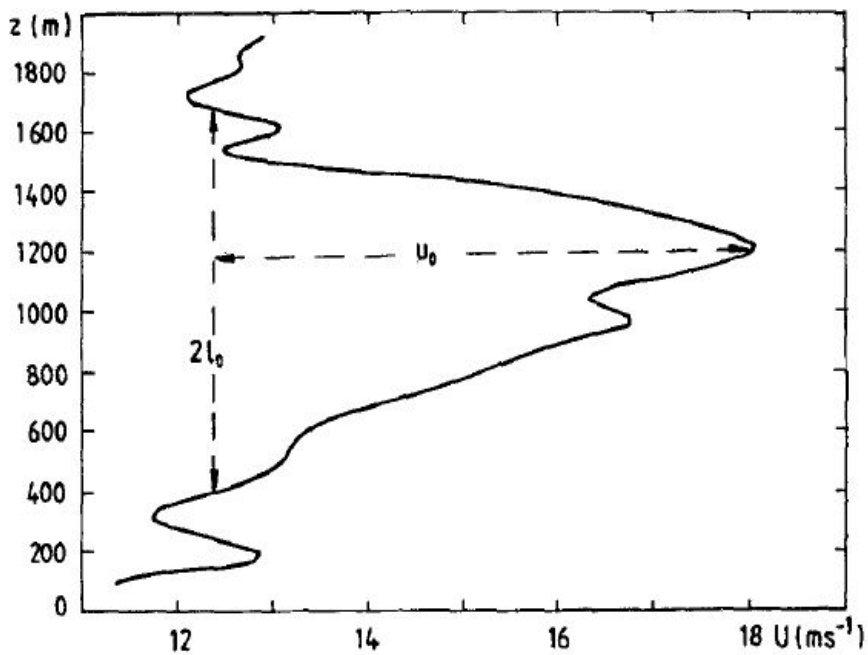


Натекание холодного воздуха на полынью

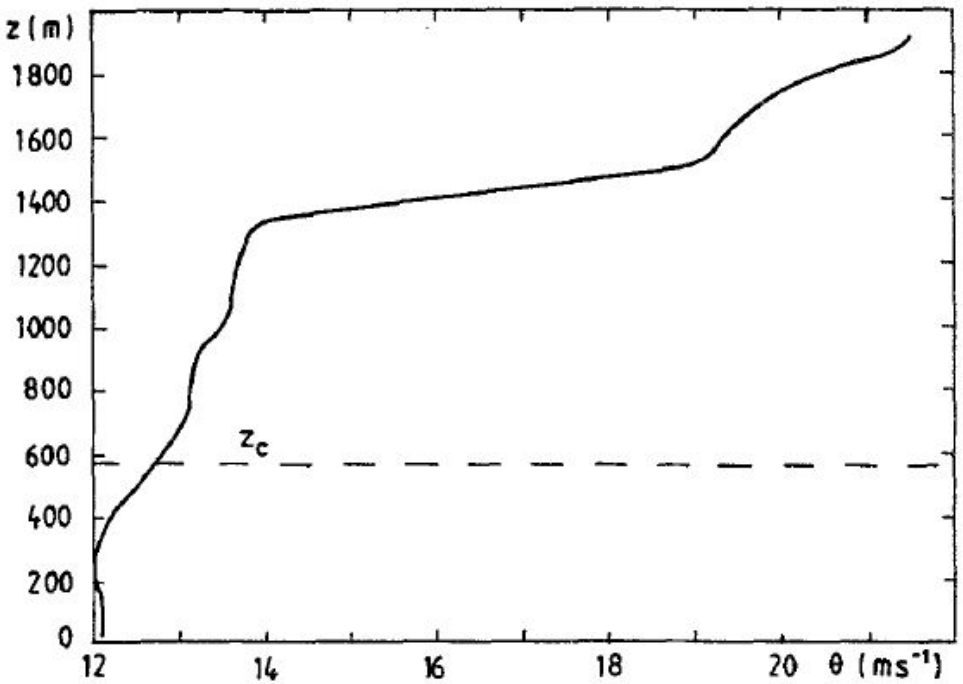


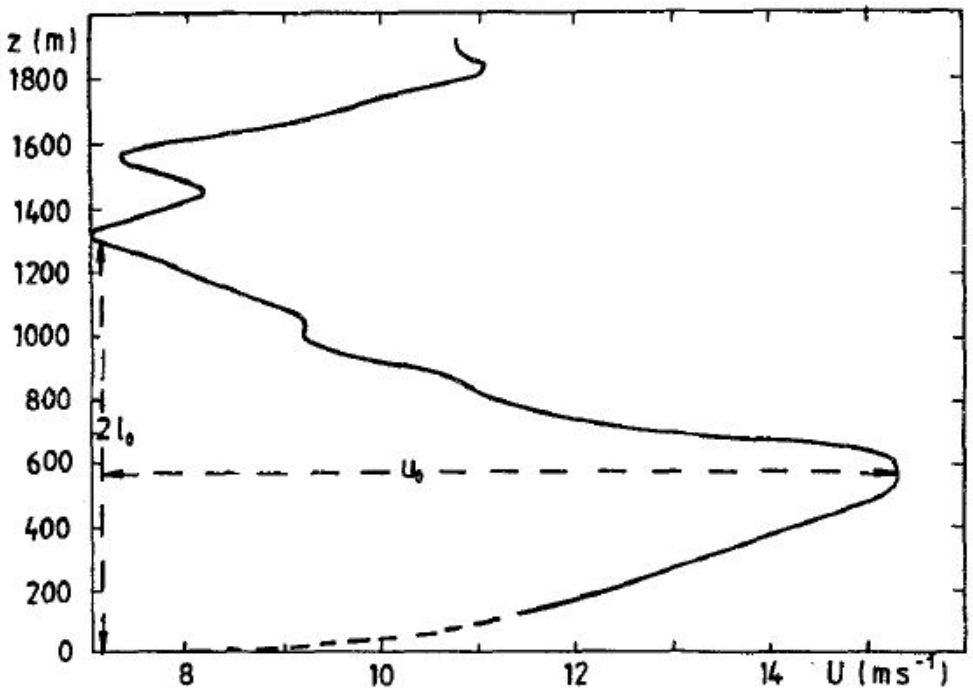


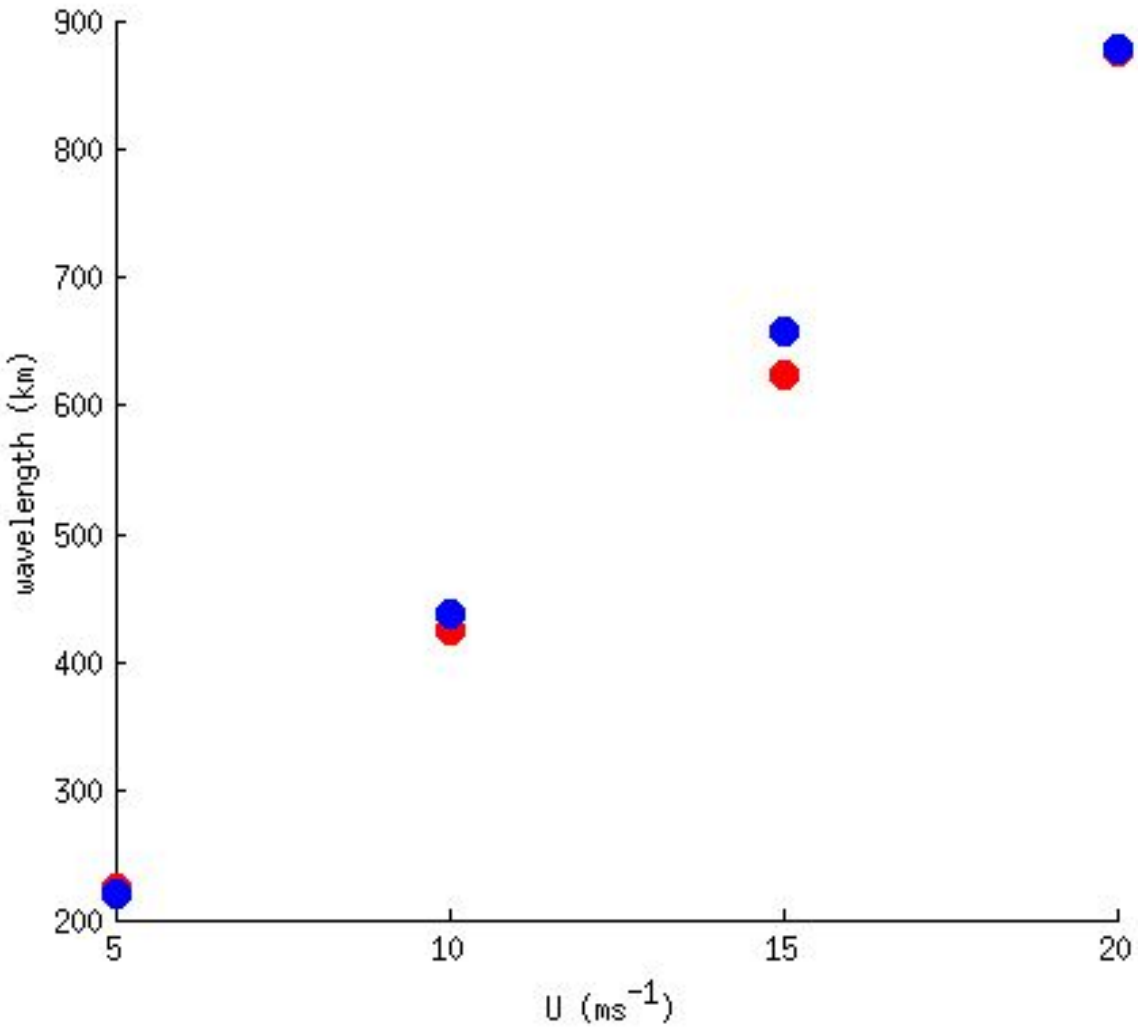




Smedman et al., 1993





Smedman et al., 1993

Натекание холодного воздуха на полынью