

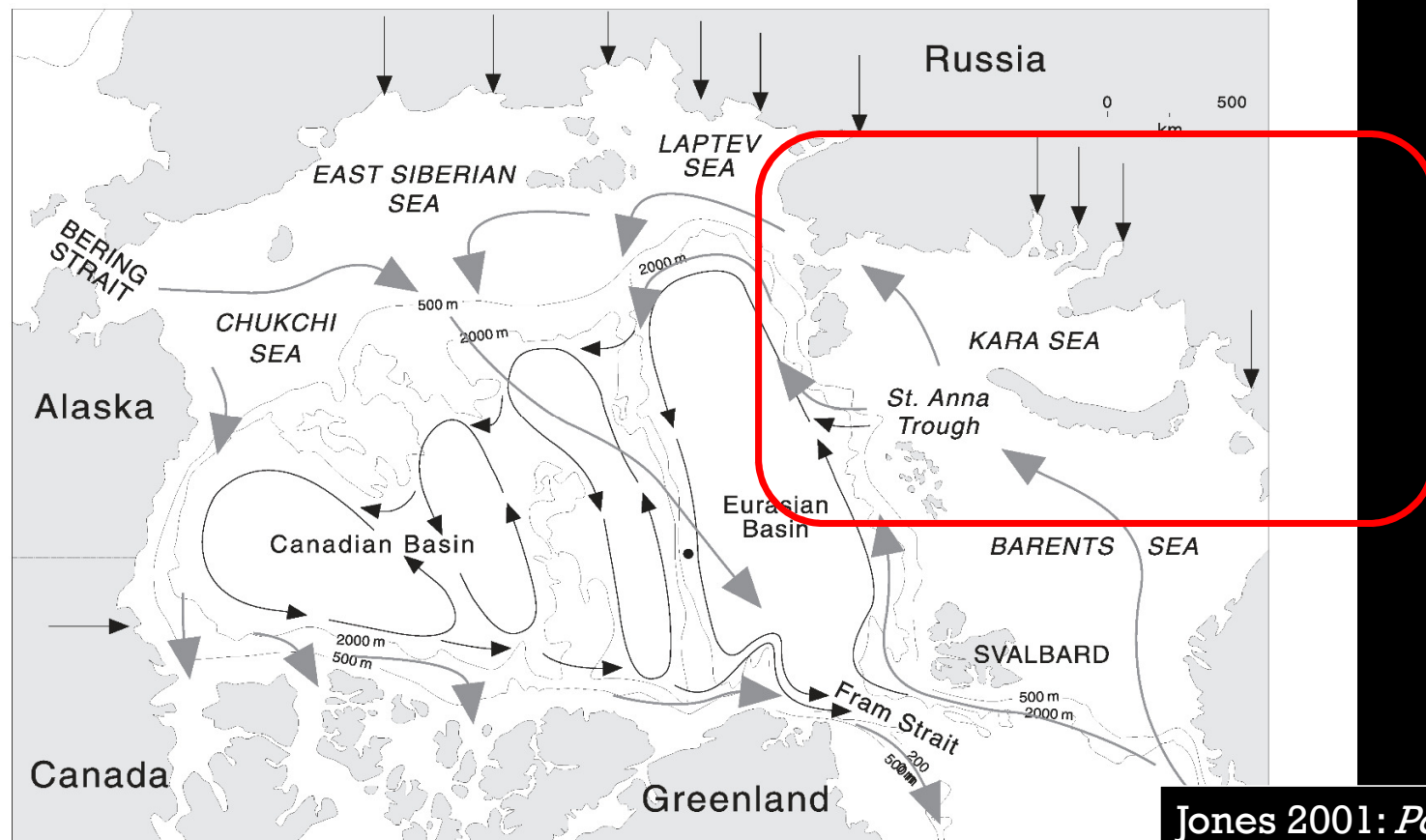
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КАСКАДИНГА НА ШЕЛЬФЕ КАРСКОГО МОРЯ

Платов¹ Г. А., Голубева¹ Е. Н., Карачакова² А. Р.

¹ИВМиМГ СО РАН, г. Новосибирск

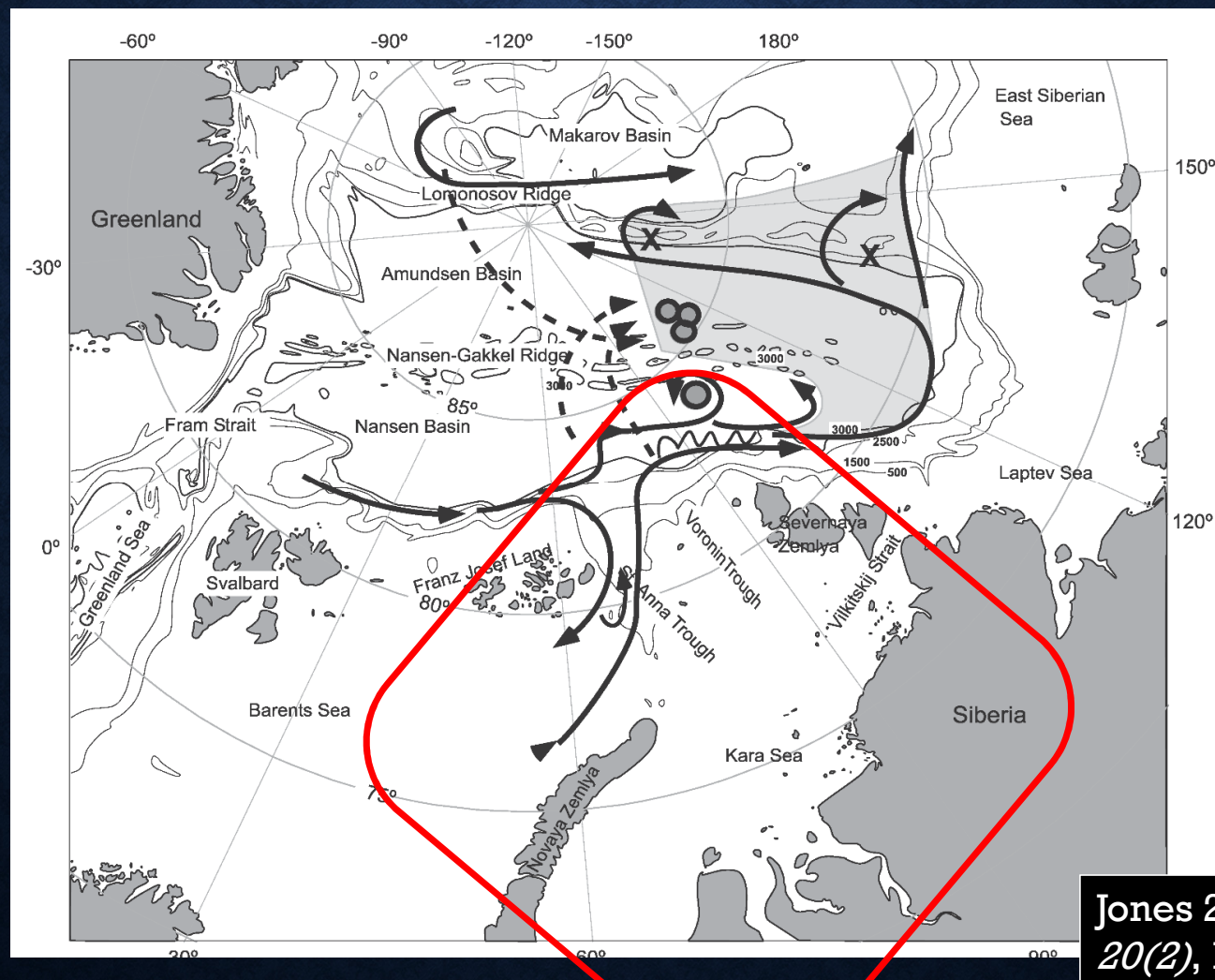
²НГУ, г. Новосибирск

СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН: КАРСКОЕ МОРЕ



Jones 2001: *Polar Research*
20(2), 139–146

КАРСКОЕ МОРЕ И ПРИЛЕГАЮЩИЕ МОРЯ



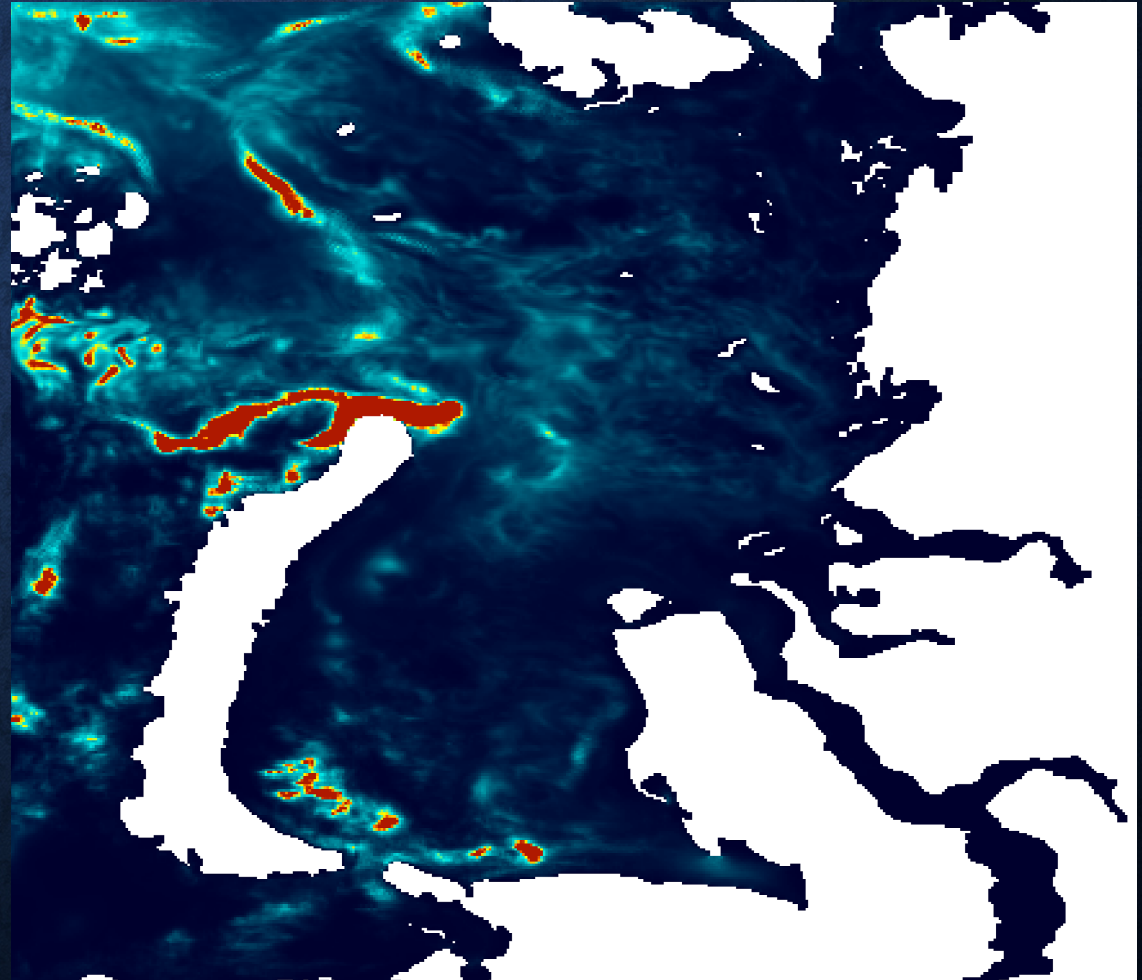
Jones 2001: *Polar Research*
20(2), 139–146

SibPOM и SibCIOM

- Ocean Circulation Model of ICMMG SB RAS (*Kuzin 1982, Golubeva et.al. 1992, Golubeva and Platov, 2002*)
- Ice model-CICE 3.1 (elastic-viscous-plastic)
(*W.D.Hibler, 1979, E.C.Hunke, J.K.Dukowicz, 1997, G.A.Maykut 1971, C.M.Bitze, W.H.Lipscomb 1999, J.K.Dukowicz, J.R.Baumgardner 2000, W.H.Lipscomb, E.C.Hunke 2004*)
 - *Arctic and North Atlantic (from 20S to Bering Strait)*
 - *Horizontal resolution 0.5x0.5: from 15 km (NP) to 50 km (Eq)*
 - *Forcing: CORE-2 reanalysis (JRA-55, NCEP/NCAR, ERA-40 and ERA Interim, any IPCC model historical or XXI century output)*
- Princeton Ocean Model *imbedded into SibCIOM*
 - *Kara Sea*

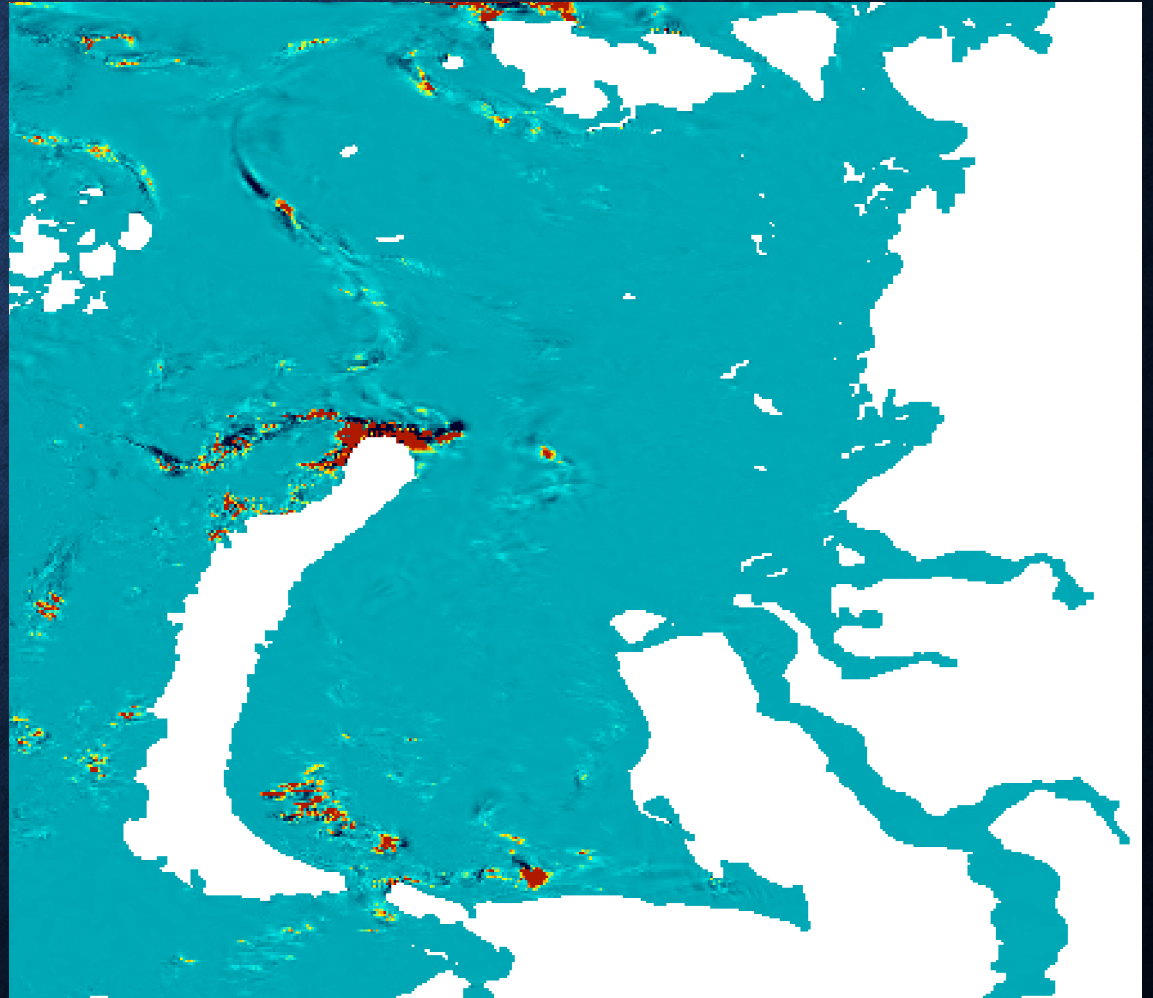
ЭНЕРГЕТИКА МЕЗОМАСШТАБНЫХ ВИХРЕЙ

- $\bar{\varphi} = \frac{1}{T} \int_{t-\frac{T}{2}}^{t+\frac{T}{2}} \varphi dt,$
- $\varphi' = \varphi - \bar{\varphi}$
- $\overline{\varphi'\psi'} = \overline{\varphi\psi} - \bar{\varphi}\bar{\psi}$
- $EKE = \frac{\rho}{2} (\overline{u'u'} + \overline{v'v'})$
- $EPE = -\frac{g}{2n_0} \overline{\rho'\rho'}$



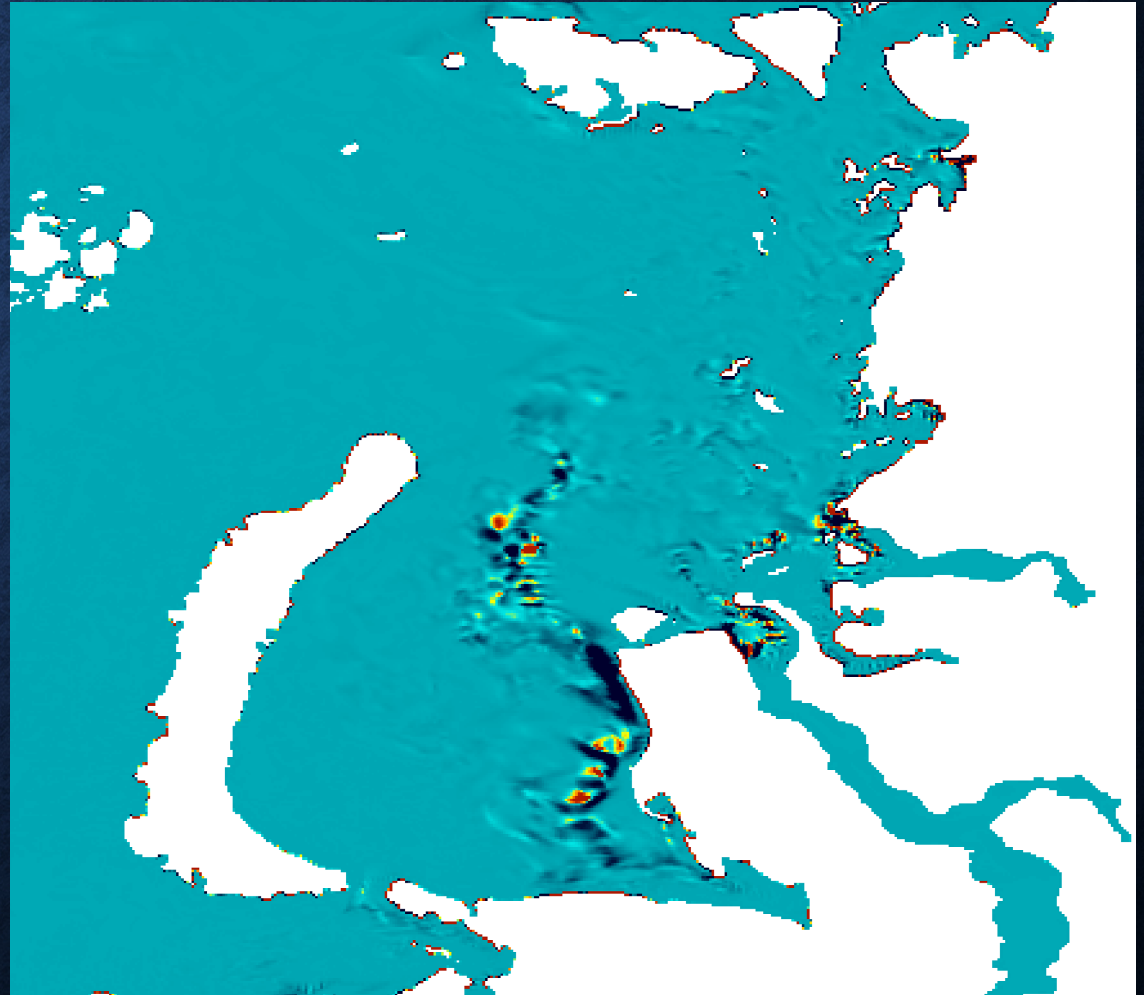
ГЕНЕРАЦИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ВИХРЕЙ

- $$\text{BT} = -\rho \left[\overline{u'u'} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \overline{v'v'} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \overline{u'v'} \left(\frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right) \right]$$

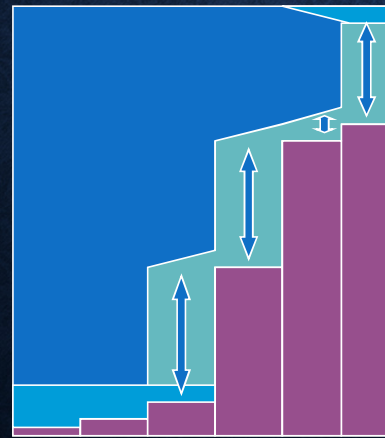
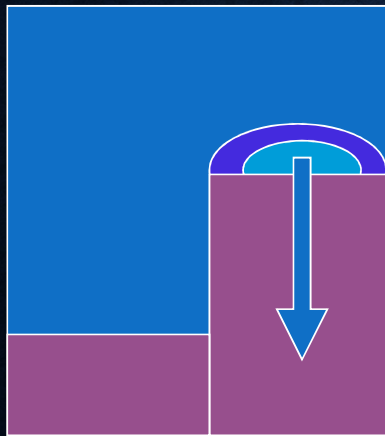
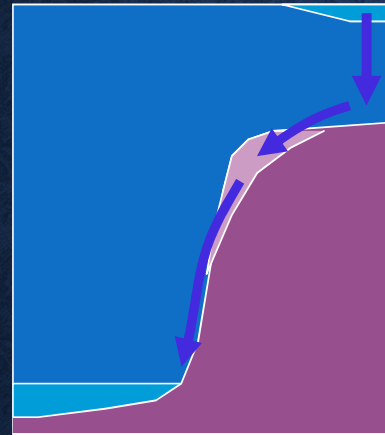
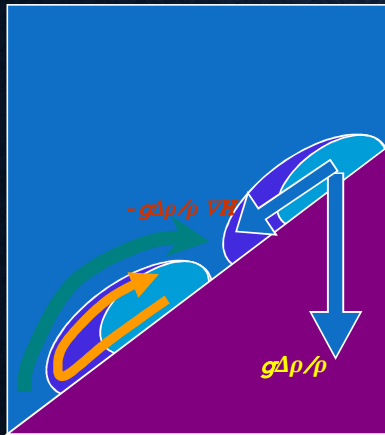


ГЕНЕРАЦИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ВИХРЕЙ

- $$BC = -\frac{g}{n_0} \left[\overline{\rho' u'} \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial x} + \overline{\rho' v'} \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial y} \right]$$



КАСКАДИНГ



- When dense water is formed on the sloping bottom, it experiences an action of alongslope component of gravity acceleration.

- As the dense water plume moving down the slope some water is to be driven from the front side of the plume to its rare side. The corresponding motion occurs inside the dense plume. Some exchange with ambient water might take place during this motion.

- In models the direct action of gravitation is excluded (hydrostatic), so when a dense plume is formed there is no direct force exerted, so we have to rely only upon indirect mechanisms.

НАКЛОН ДНА

- $\vec{s} = (\partial_x H, \partial_y H), \quad s = ((\partial_x H)^2 + (\partial_y H)^2)^{\frac{1}{2}}$

- $\vec{n} = (n_x, n_y) = \frac{(\partial_x H, \partial_y H)}{((\partial_x H)^2 + (\partial_y H)^2)^{\frac{1}{2}}}$

- $$\begin{aligned} u_n &= u n_x + v n_y \\ u_l &= u n_y - v n_x \end{aligned}$$

- $ds_n = \left((dx n_x)^2 + (dy n_y)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$

- $ds_l = \left((dy n_x)^2 + (dx n_y)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$

УСЛОВИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КАСКАДИНГА

- Глубина перемешанного слоя равна глубине бассейна и

$$\frac{\delta\rho}{\rho} < 0.0001$$

- Скорость каскадинга (Nof, 1983): $V_{\text{Nof}} = \frac{g \vec{s} \cdot \vec{\nabla} \rho}{f \rho}$

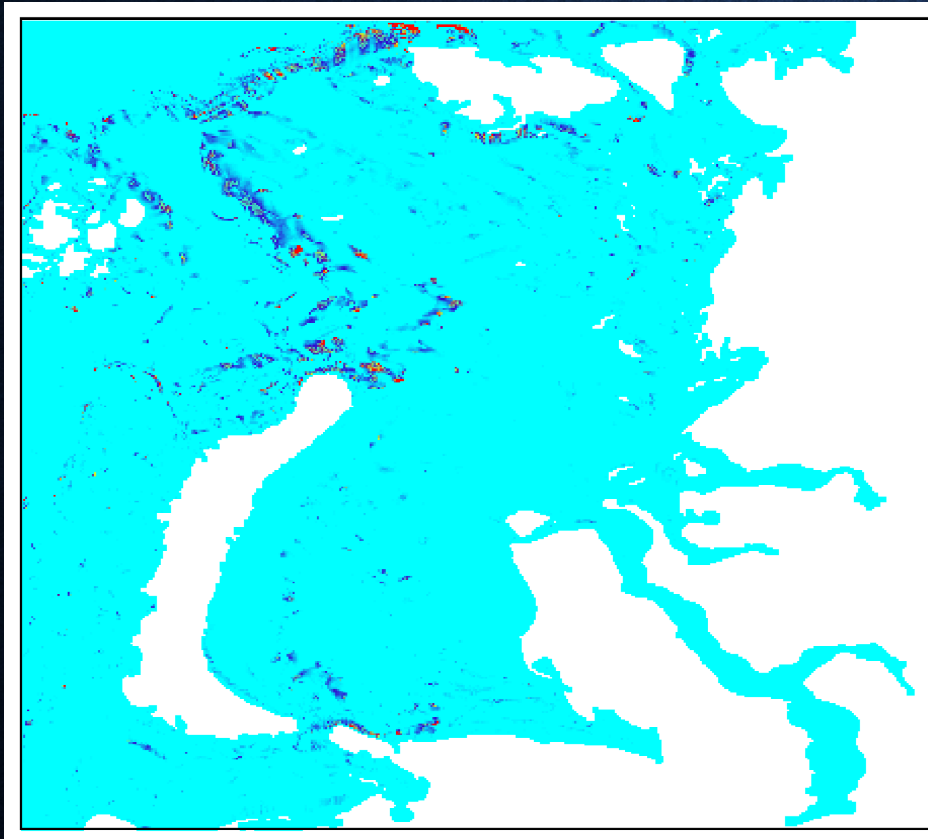
- (Ivanov et al., 2004) : $\begin{cases} u_n > 0; \\ \vec{\nabla} \rho \cdot \frac{\vec{s}}{\rho} > 2 \times 10^{-8} \end{cases}$

- Если это условие выполнено при $z = -H(x, y)$, то верхнюю границу плюма определяют как максимальное $z = -Z^*$, при котором данное условие выполнено

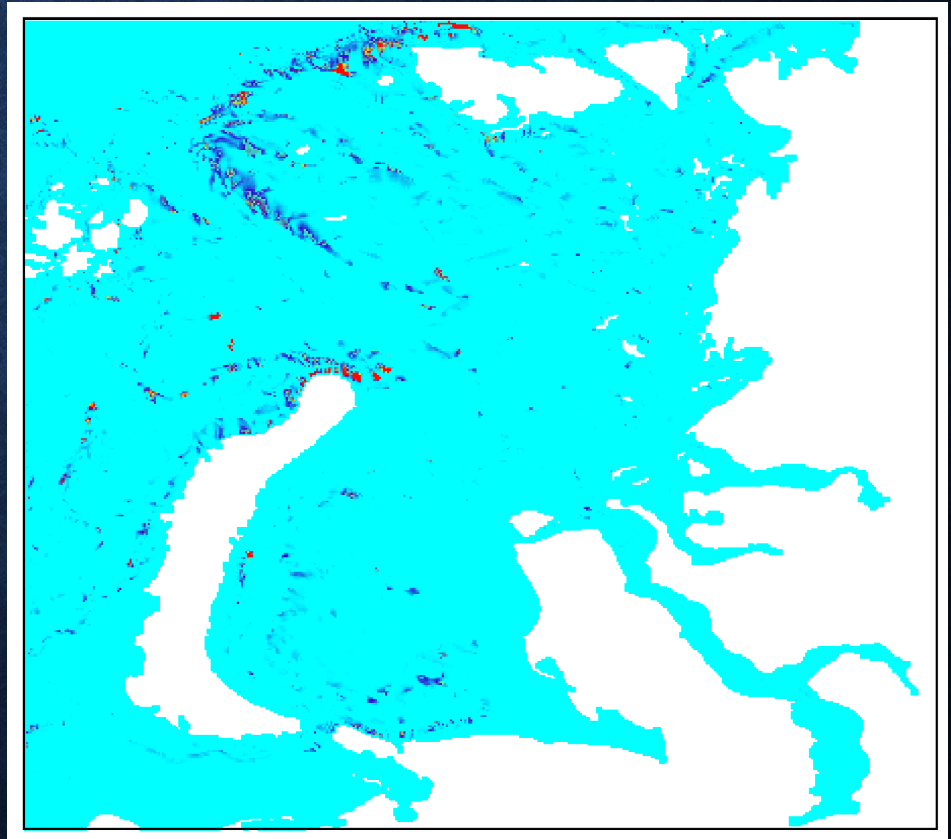
ПОТОК ПЛОТНЫХ ВОД

- $F_n^m(x, y, t) = \int_{-H}^{-Z^*} u_n dz$ -- поток плотности
- $F_n^S(x, y, t) = \int_{-H}^{-Z^*} u_n (S - S_{\text{ref}}) dz$ -- поток солёности
- $F_n^h(x, y, t) = \int_{-H}^{-Z^*} u_n (T - T_{\text{ref}}) c_p dz$ -- поток тепла

ПОТОК МАССЫ

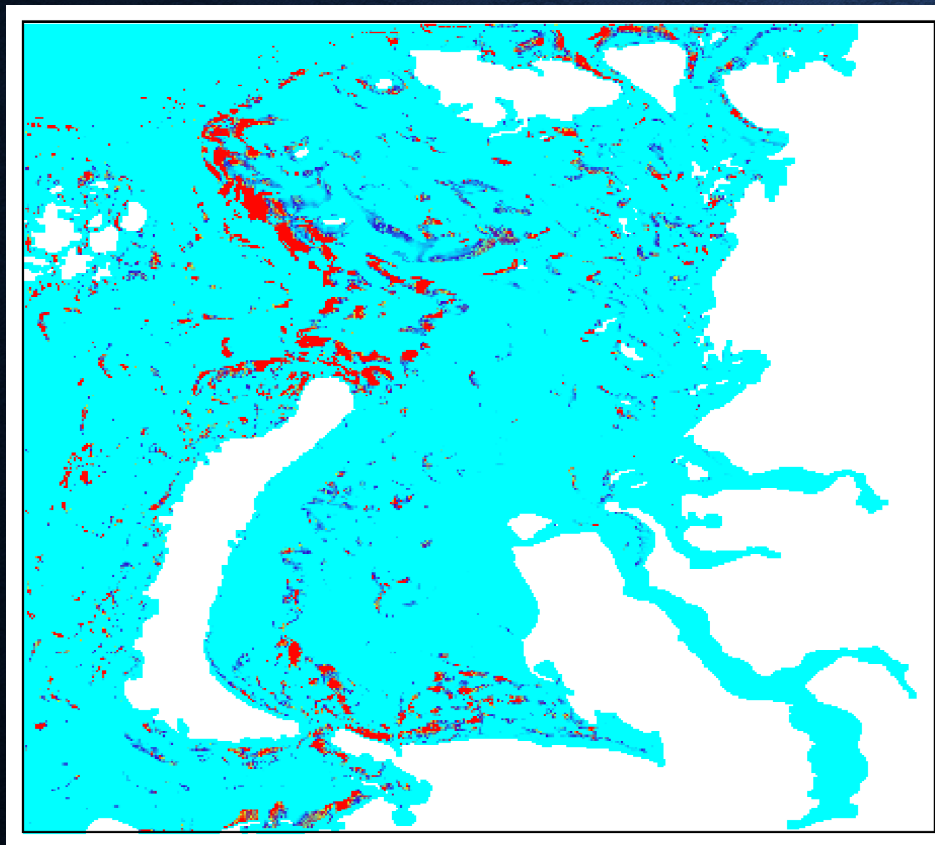


март

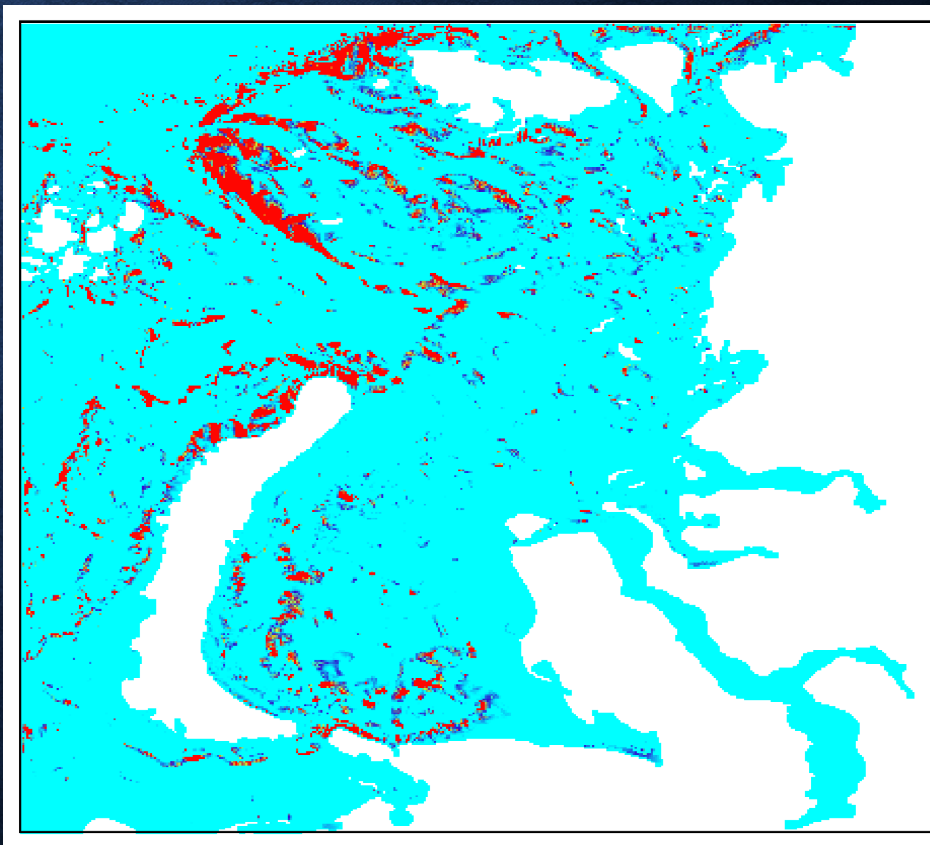


сентябрь

ПОТОК СОЛЕННОСТИ

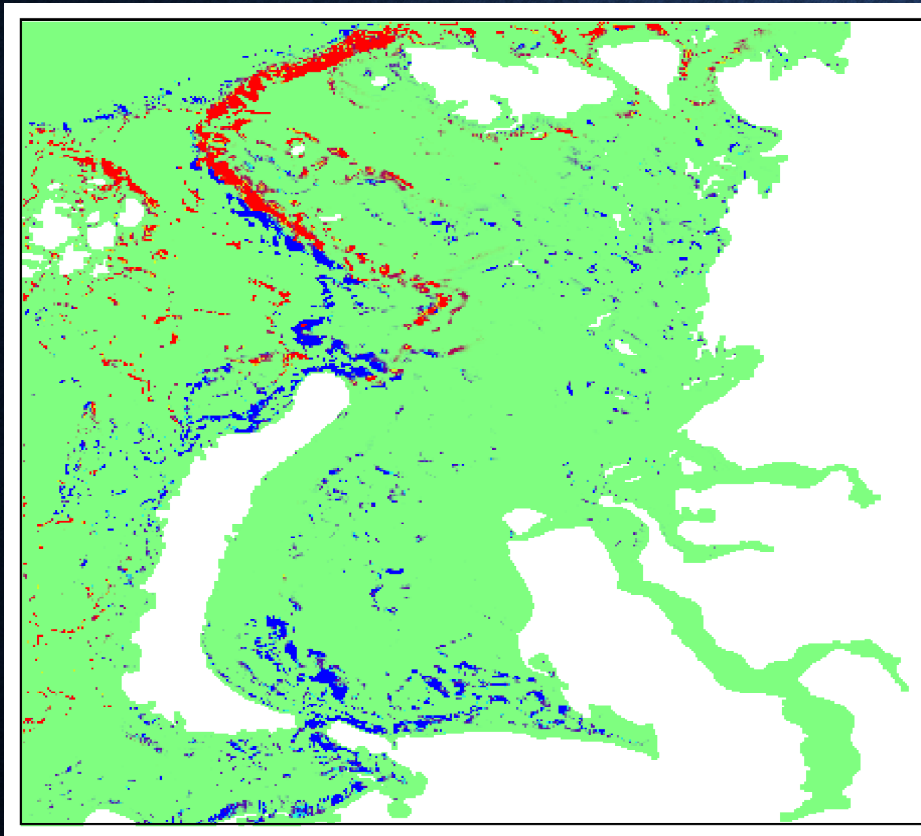


март

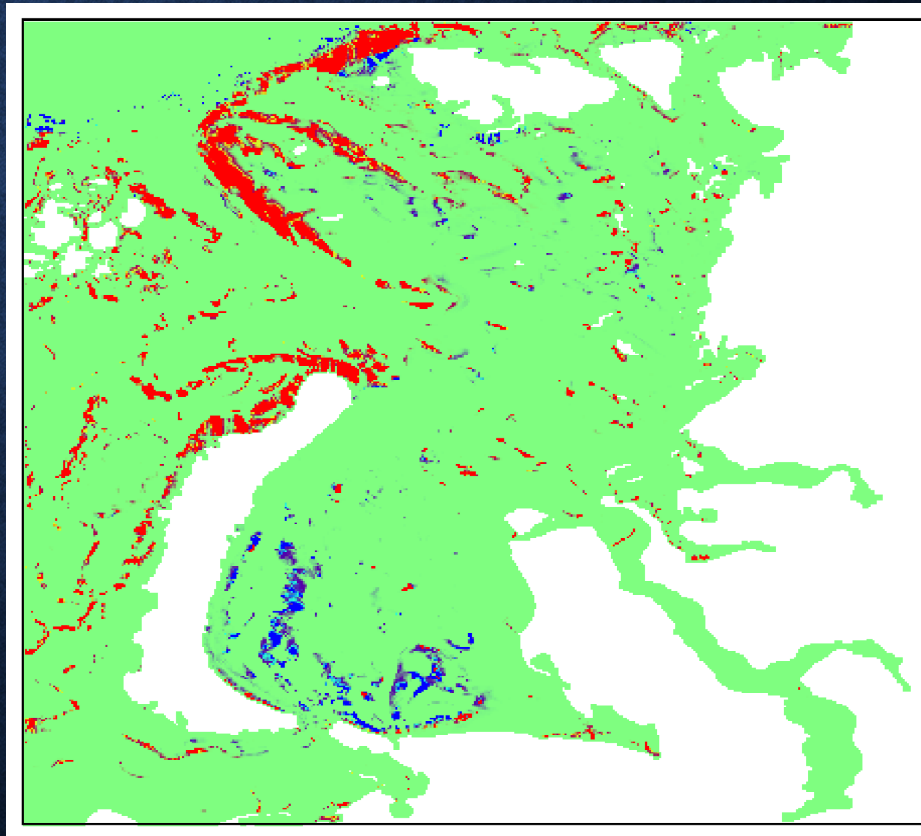


сентябрь

ΠΟΤΟΚ ΤΕΠΛΑ



март

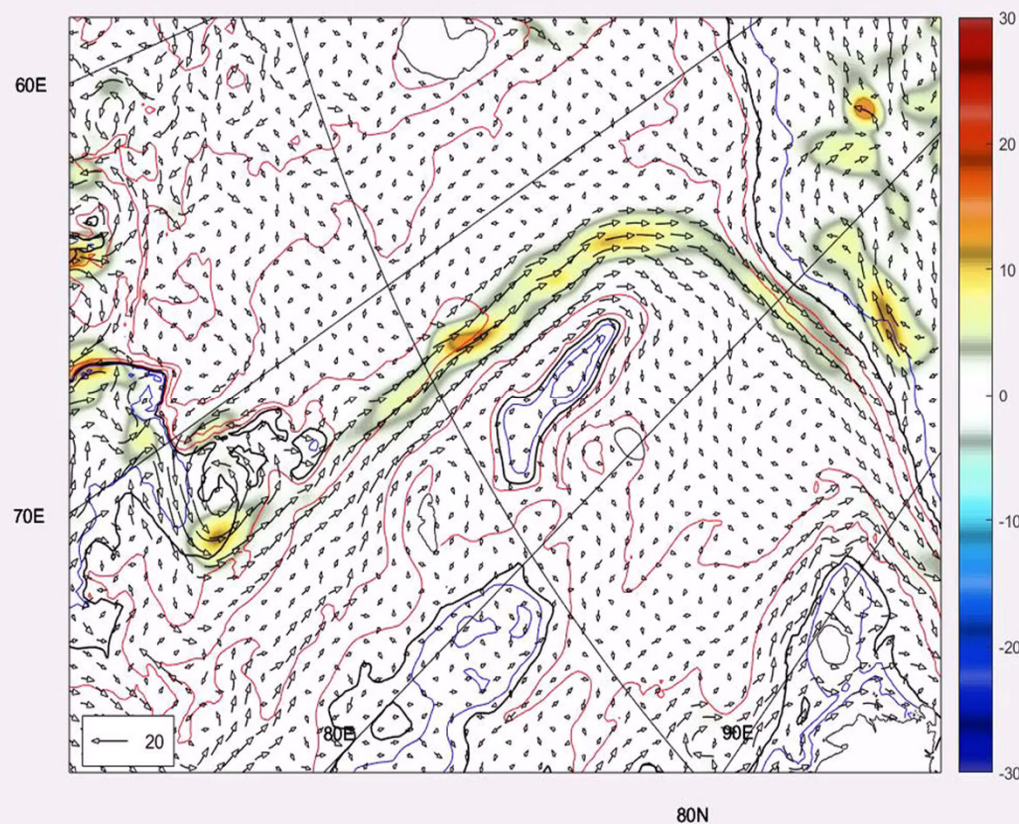


сентябрь

ПОТОКИ ВНИЗ ПО СКЛОНУ

- $$-f\overline{u_n} = -\partial_l \left(\frac{\overline{p}}{\rho} \right) - \underbrace{\partial_l \left(\overline{u_l'^2} \right) + \partial_n \left(\overline{u_l' u_n'} \right) + \partial_z \left(\overline{u_l' w'} \right)} + \partial_z A_v \partial_z u_l + A_h D_h(u_l)$$
- $$U_{\text{eddy}} = \frac{1}{f} \int_{-H}^{\zeta} \left\{ \partial_l \left(\overline{u_l'^2} \right) + \partial_n \left(\overline{u_l' u_n'} \right) \right\} dz + s \overline{u_l' u_n'}|_{z=-H}$$

ДИНАМИКА КАСКАДИНГА НА ШЕЛЬФЕ КАРСКОГО МОРЯ

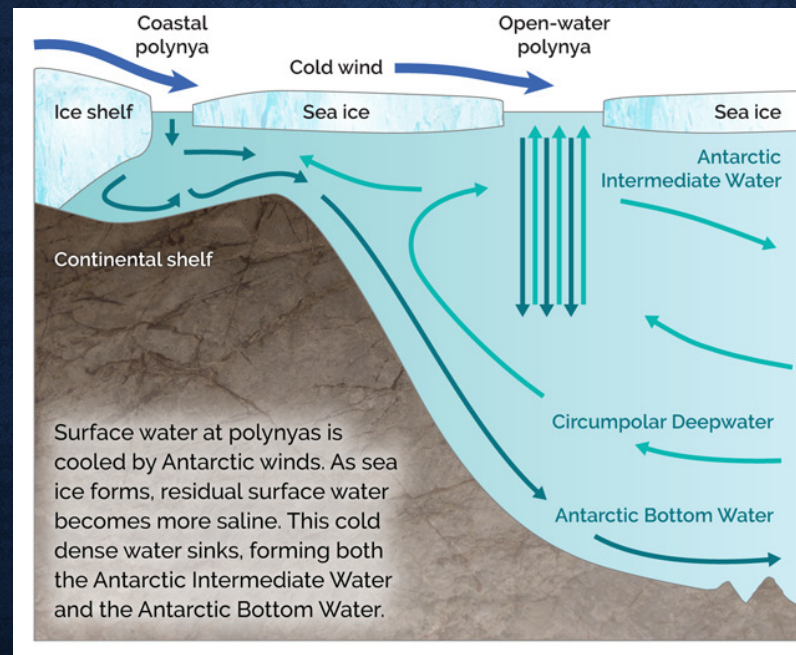
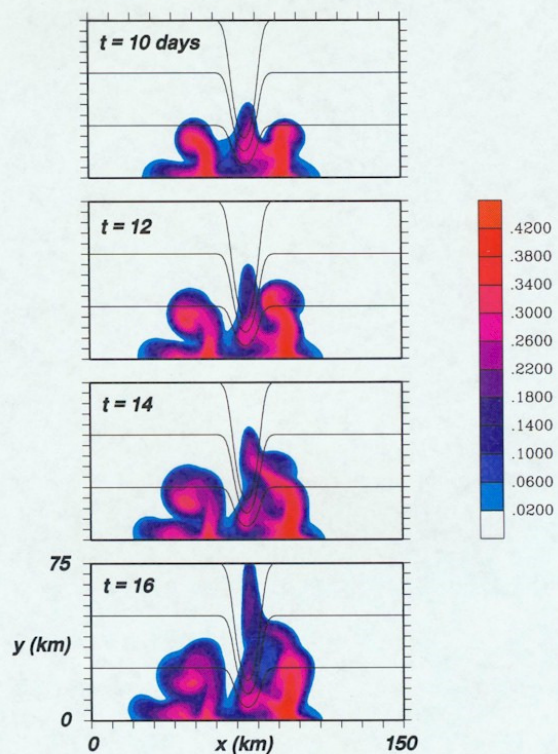


Перемещение плотных вод, сформировавшихся на шельфе Карского и Баренцева морей, вдоль желоба Св. Анны в сторону открытого океана

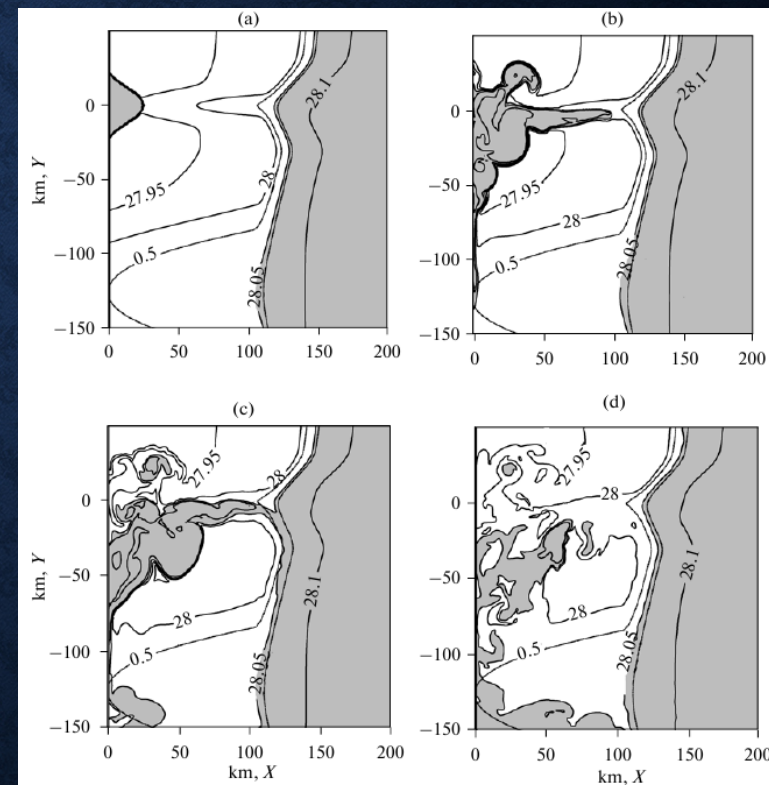
- Изолинии придонной температуры.
- Скорость течения.
- Вихревая кинетическая энергия

ДРУГИЕ ПРИМЕРЫ КАСКАДИНГА

Bottom Density Anomaly



K. Cantner, AGI



Chapman & Gawarkiewicz, 1997

Платов, 2011

ВОПРОСЫ ДЛЯ ДИСКУССИИ

- Энергетика процесса
- Связь между каскадингом и генерацией мезомасштабных вихрей
- Генерация вихрей на границе речного плюма

ВЫВОДЫ

- Продемонстрирована связь между процессом каскадинга на границе Баренцева и Карского морей, вдоль трога Св. Анны и Воронина и генерацией мезомасштабных вихрей способствующих усилению тепломассообмена между Арктическим шельфом и бассейном Амундсена и формированию промежуточных и придонных водных масс Северного Ледовитого океана.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ