

Мониторинг термических структур юга Охотского моря по данным ИК-каналов спутников NOAA

Алексанин А.И., Алексанина М.Г.

Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН
690041, Владивосток, Радио 5, (4232)310468

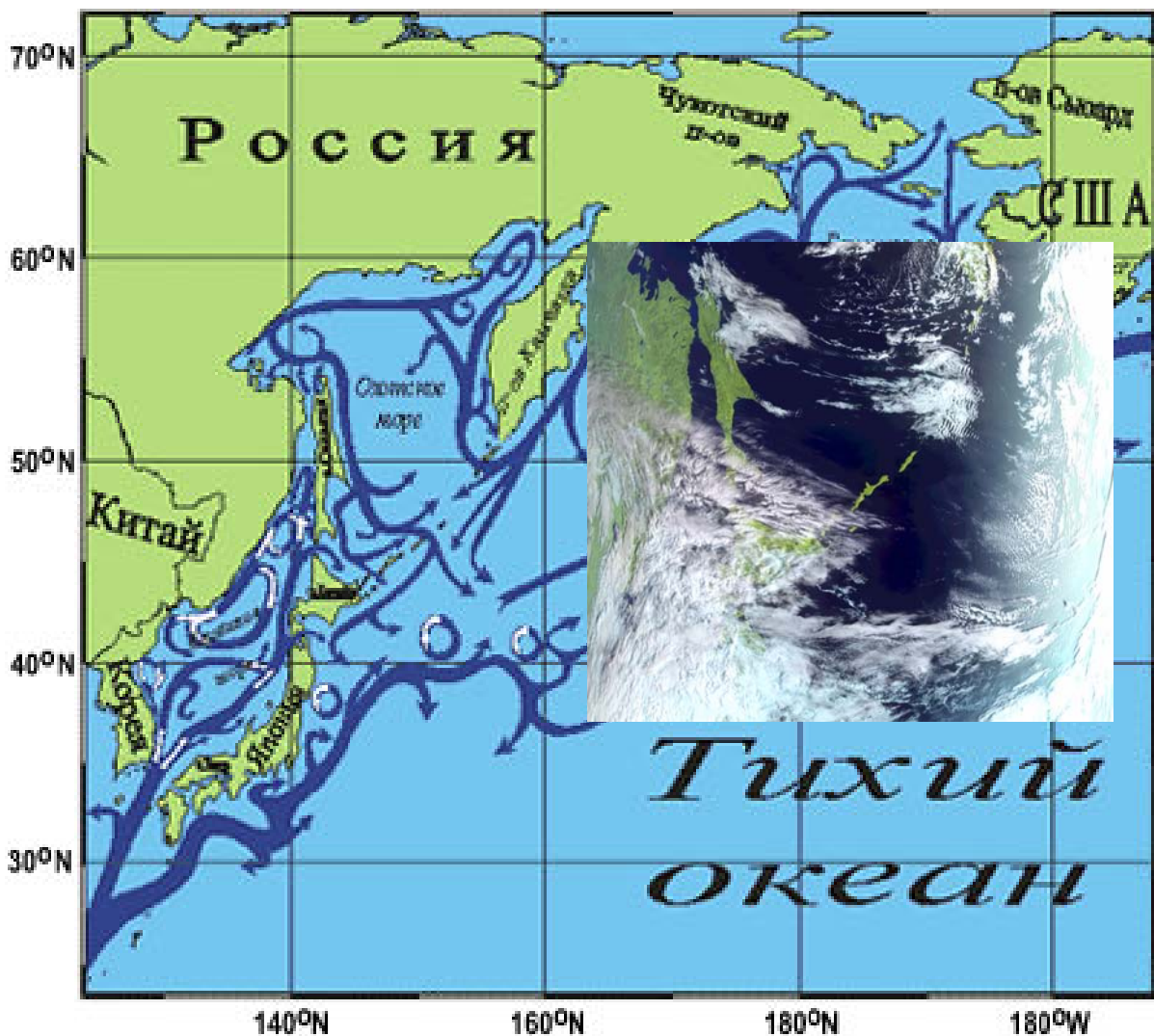
Дистанционные исследования поверхности океана и ледяных покровов

Третья всероссийская открытая конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»
Москва, ИКИ РАН, 14-17 ноября 2005 г.



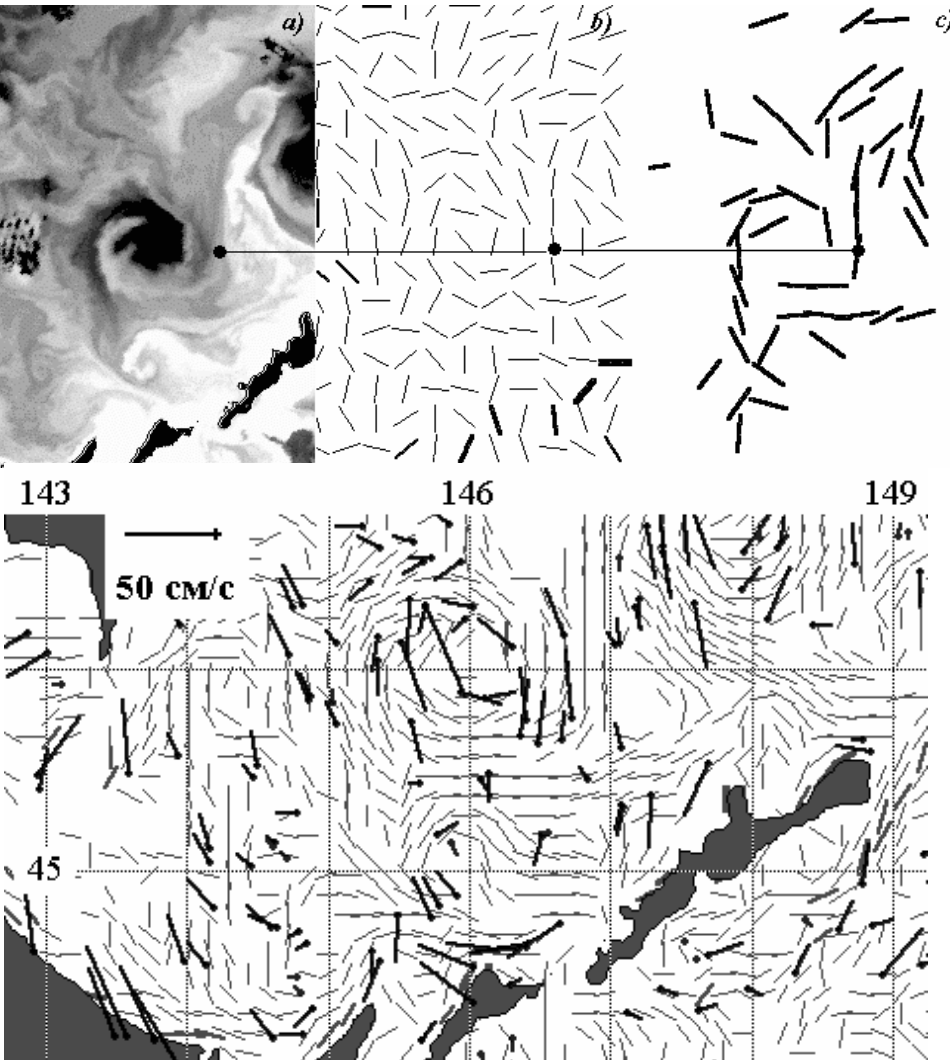
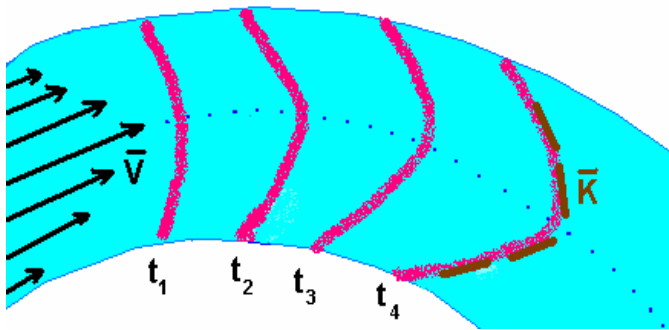
Цель исследования

Мониторинг циркуляции на поверхности океана в сложных облачных условиях



- Исследуются возможности использования композиционных карт ДОТК (доминантных ориентаций термических контрастов) для мониторинга циркуляционных процессов на поверхности океана в сложных погодных условиях (облачность, туман, лёд).

Используемый метод — **метод ДОТК** (Доминантных Ориентаций Термических Контрастов)



- Сдвиговой характер течений -изменчивость скорости поперек потока -приводит к вытягиванию термических контрастов вдоль потока.
- ДОТК представляют собой статистически значимые касательные к изотермам в определенной окрестности точки.
- Направления (ориентации) изотерм хорошо коррелируют с направлениями скоростей поверхностных течений.

Поле яркости

$$\{I_{ij}\}, ij \in a \times a$$



Поле градиентов яркости

$$\{G_{ij} e^{i\varphi_{ij}}\}, \varphi_{ij} \in [-\pi, +\pi]$$

$$G_x = \left\{ \sum_{d=-a/2}^{a/2} [I_{i+a/2, j+d} - I_{i-a/2, j+d}] \right\} / a$$

$$G_y = \left\{ \sum_{d=-a/2}^{a/2} [I_{i+d, j-a/2} - I_{i+d, j+a/2}] \right\} / a$$



Поле ориентаций контрастов

$$\{K_{ij} e^{i\theta_{ij}}\},$$

$$\theta_{ij} = \varphi_{ij} - \pi/2 :$$

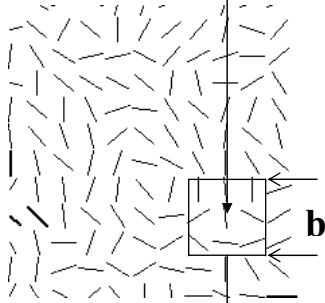
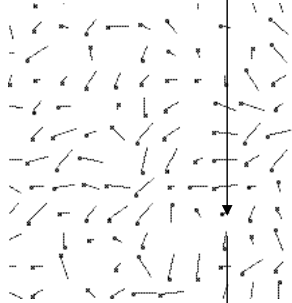
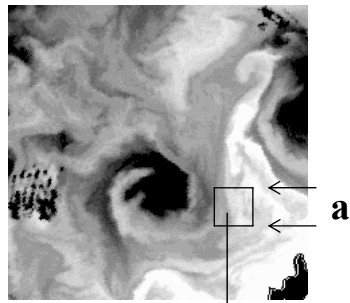
$$\theta_{ij} \in [0, +\pi]$$



Поле доминантных ориентаций контрастов

$$\Theta = f(\theta_{ij}) :$$

$$(i, j) \in [b \times b]$$



Направление яркостного контраста θ_{ij} - направление, ортогональное образу вектора яркостного градиента

$$\nabla u_{ij} = G e^{-i\varphi}.$$

Оценка доминантной ориентации термического контраста (ДОТК)

$$\theta_{mn}^* : \sum \Delta \theta_{ij} \rightarrow \min,$$

$$\Delta \theta_{ij} = W(\theta_{ij}) \cdot \min \{ |\theta_{ij} - \theta_{mn}^*|, |\theta_{ij} - \theta_{mn}^* - \pi| \},$$

где $W(\theta_{ij})$ - весовой коэффициент.

Для оценки статистической значимости ДОТК используется неравенство Маркова

(ε - допустимая мера разброса).

$$P^* : P\{\Delta \theta_{ij} < \varepsilon\} > 1 - (M \Delta \theta_{ij}) / \varepsilon$$

Из требования удовлетворения

точности ε с вероятностью P^*

$$P\{\Delta \theta_{ij} < \varepsilon\} > P^*$$

получаем условие выделения ДОТК

$$M \Delta \theta_{ij} < (1 - P^*) \times \varepsilon,$$

$$\text{где } M \Delta \theta_{ij} = (\sum \Delta \theta_{ij}) / \sum W(\theta_{ij}).$$

Параметры работы метода.

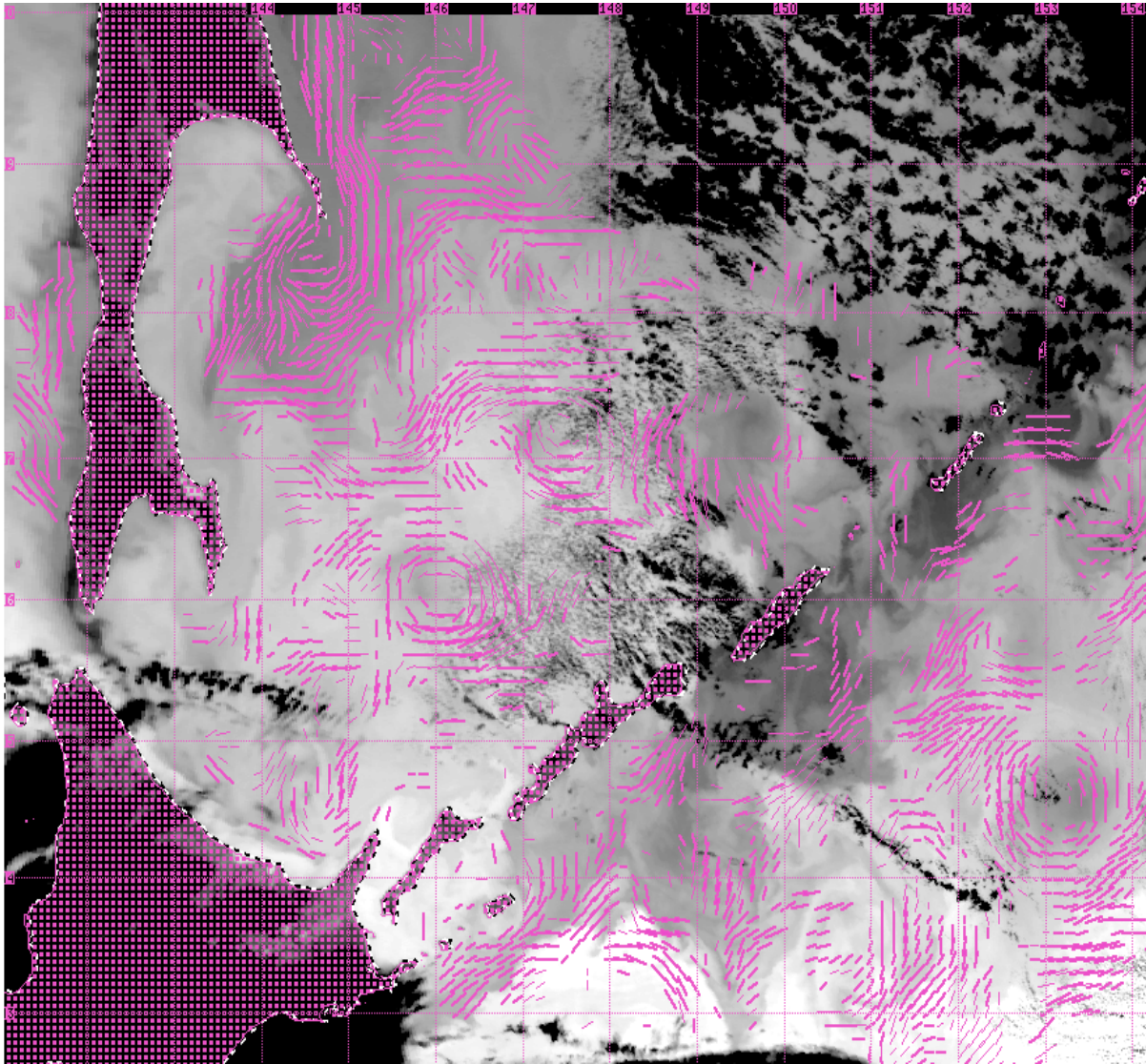
$$\varepsilon = \pi/4, a = 7 \text{ км}, b = 15 \text{ км}$$

Район - Прикурильский район Тихого океана (141-160°в.д.; 41-52°с.ш.)

Независимость ДОТК от абсолютных значений радио-яркости позволяет строить композиции различных временных масштабов (1-10.05.2003)

характеризуется
высокой
термодинамической
неустойчивостью и
сложными
условиями
наблюдений.

Характеристика ДОТК - Пространственно-временная устойчивость



ИК изображение за 30.09.01 и композиционные ДОТК (розовые отрезки) за 22-26.09.01. Толстые отрезки соответствуют «выжившим» ДОТК, угол ориентации которых остался в пределах заданной точности $\pi/4$ спустя неделю от композиции 22-26.09.01.

1. Около 20% ДОТК с высокой статистической значимостью теряют устойчивость в течении суток. Пространственно-временное осреднение – композиция - позволяет выделить наиболее устойчивые во времени ДОТК.
2. Устойчивые во времени, статистически значимые ДОТК связаны с основными мезомасштабными объектами на поверхности океана – вихрями, течениями и струями.
3. Чем больше статистическая значимость PRB, тем более ДОТК устойчивы во времени. Это позволяет оценить точность композиционных карт ДОТК и максимальное время, когда им еще можно доверять.

Алгоритм построения композиции полей ДОТК {D_{i,j}}

с оценкой времени жизни T_{i,j}.

В каждой точке карты анализируется
временной ряд доминант d_{i,j}(t_k), k=1,K и
рассчитываются средняя доминанта D_{i,j} и
средний модуль временной изменчивости D'_{i,j}.
Время жизни T_{i,j} доминанты D_{i,j} определяется
на основе неравенства

$$(D'_{i,j} + \varepsilon_{D'_{i,j}}) * T_{i,j} < \varepsilon_D, \quad (1)$$

где - ε_D допустимая величина
изменчивости средней доминанты.

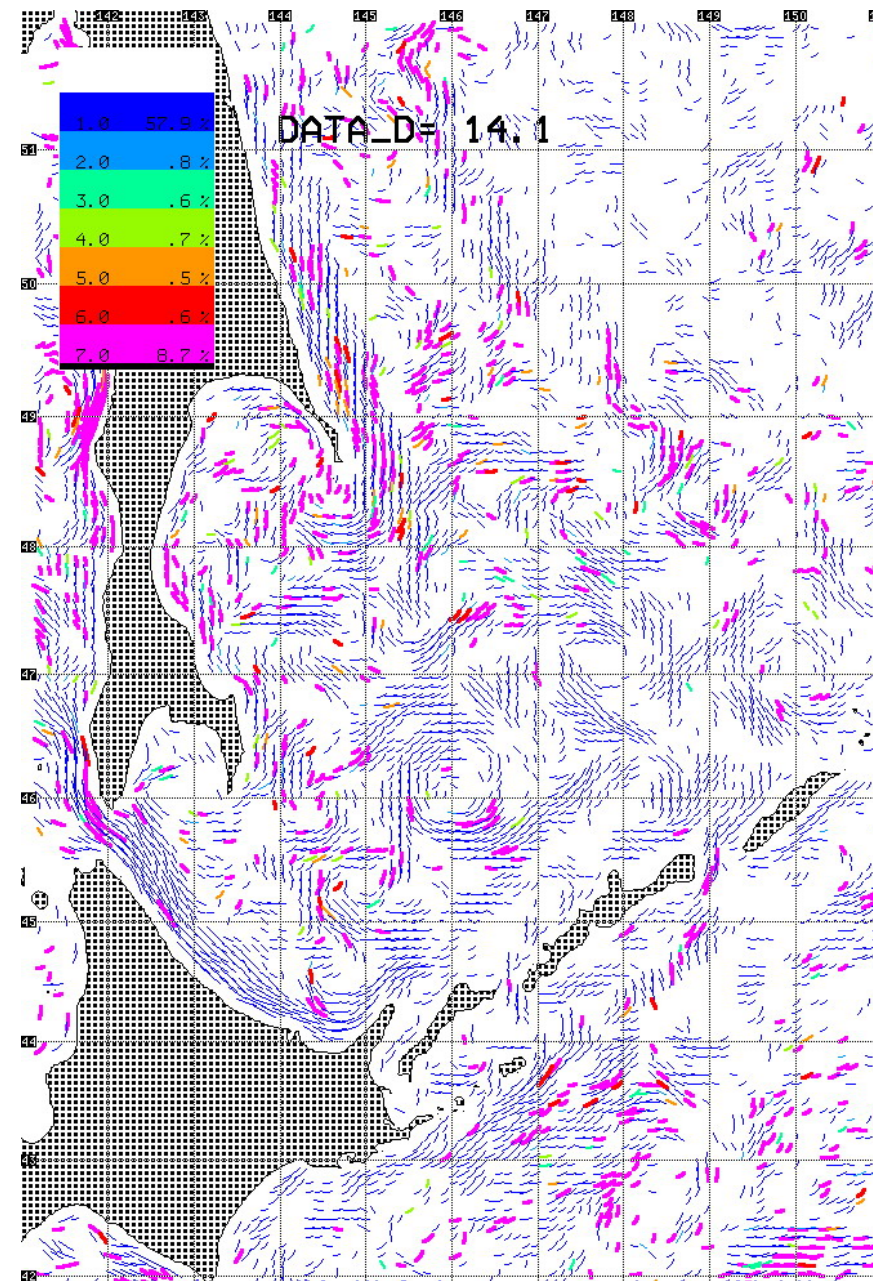
$\varepsilon_{D'_{i,j}}$ - погрешность оценки D'_{i,j},
рассчитанная на основе неравенства Хёвдинга :

$$P_{i,j}(|D'_{i,j} - M(d'_{i,j})| < \varepsilon_{D'_{i,j}}) < P, \quad (2)$$

где P_{i,j} вероятность того, что D'_{i,j} не отклонится от
своего математического ожидания M(d'_{i,j}) больше,
чем на величину $\varepsilon_{D'_{i,j}}$,

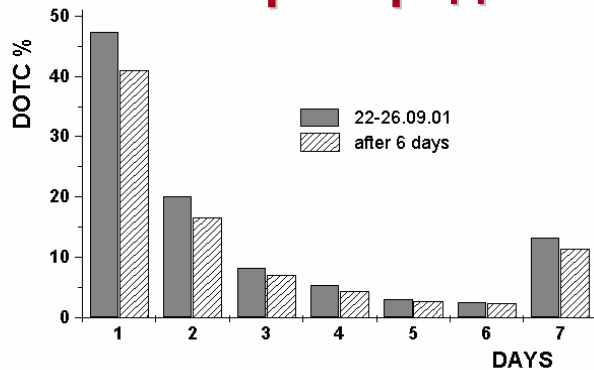
а P - предельная допустимая вероятность.

Отсчет T_{i,j} осуществляется от среднего времени
доминант ряда и является оценкой снизу.

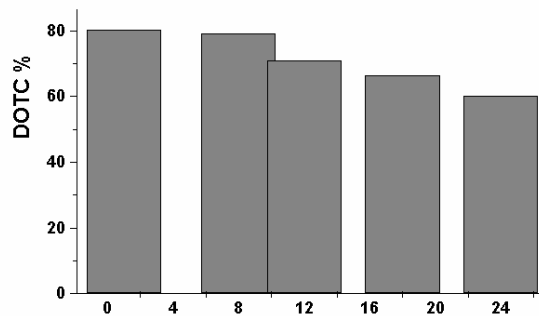


**Цвет связан с «временем жизни»
в сутках (от 1 до 7 и более).**

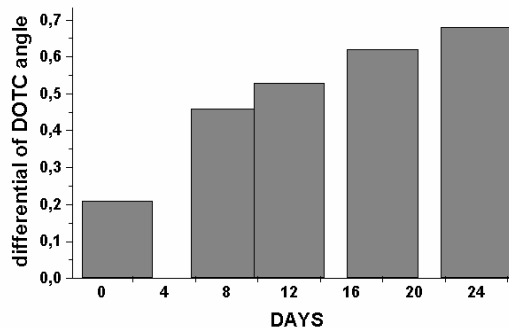
Типичное распределение “выживших” доминант и “время жизни”



Распределение ДОТК по оцененному времени жизни (от 1 до 7 суток) для композиции 22-26.09.01 и количество "выживших" доминант через 6 суток.



Распределение “выживших” доминант с “временем жизни” 4 суток для композиции за 04-07.09.01 с течением времени- через 1 сутки, 8 суток, 12 суток, 18 суток и 24.

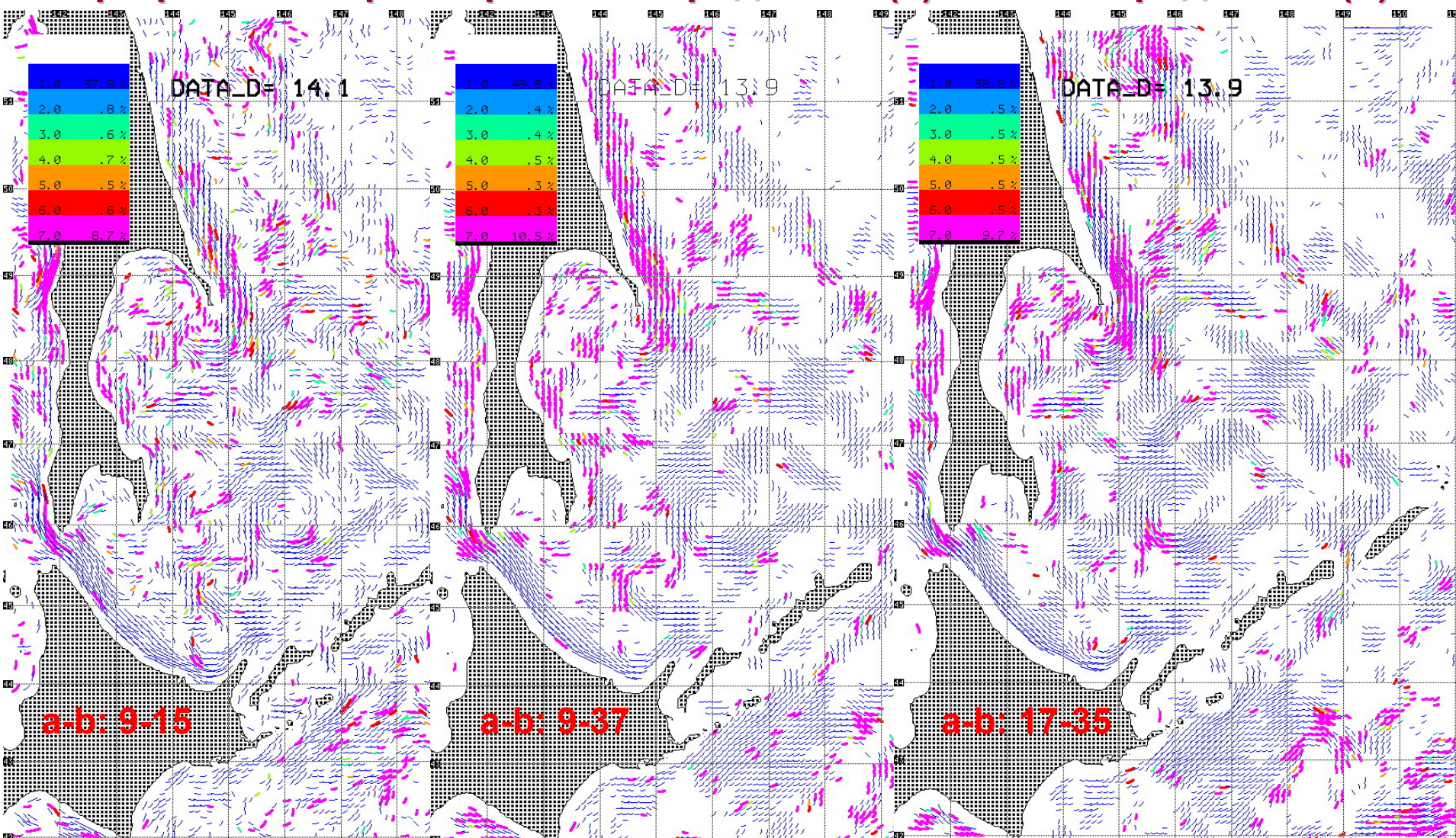


Распределение средней изменчивости угла доминант с “временем жизни” 4 суток с течением времени - через 1 сутки, 8 суток, 12 суток, 18 суток и 24.

Результат:

Наиболее устойчивые – «выживаемые» – доминанты связаны с положениями основных синоптических объектов. Их устойчивость во времени – «время жизни» – проявляется от одной недели до нескольких.

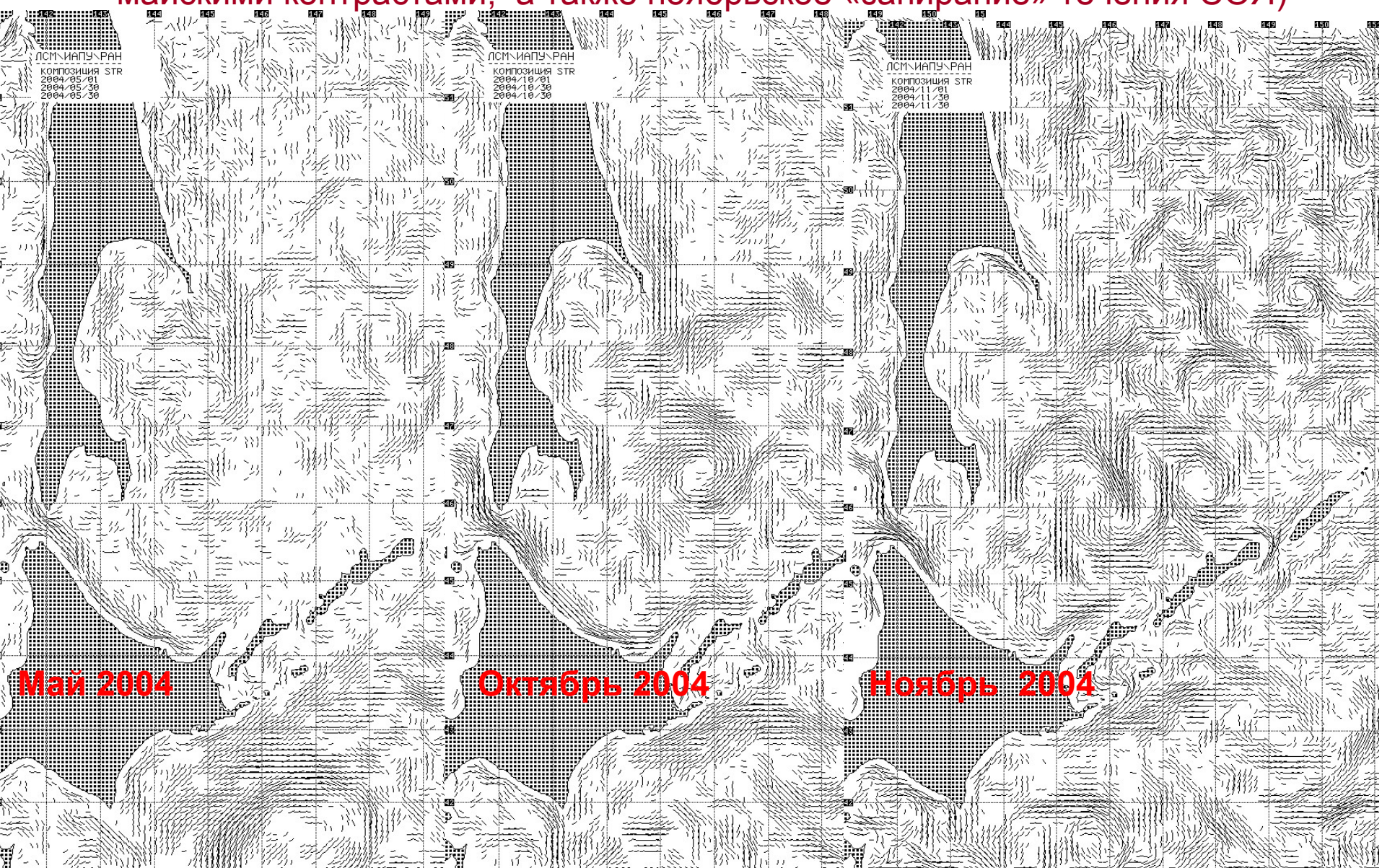
**Месячная композиция ДОТК за сентябрь 2004
с оценкой «времени жизни» в сутках (с 1 до 7 и более)
при разных параметрах окна градиента (а) и окна осреднения (b)**



**«Время жизни» ДОТК на конкретных пространственных параметрах (a-b)
расчета позволяет оценить характерные размеры турбулентных процессов.**

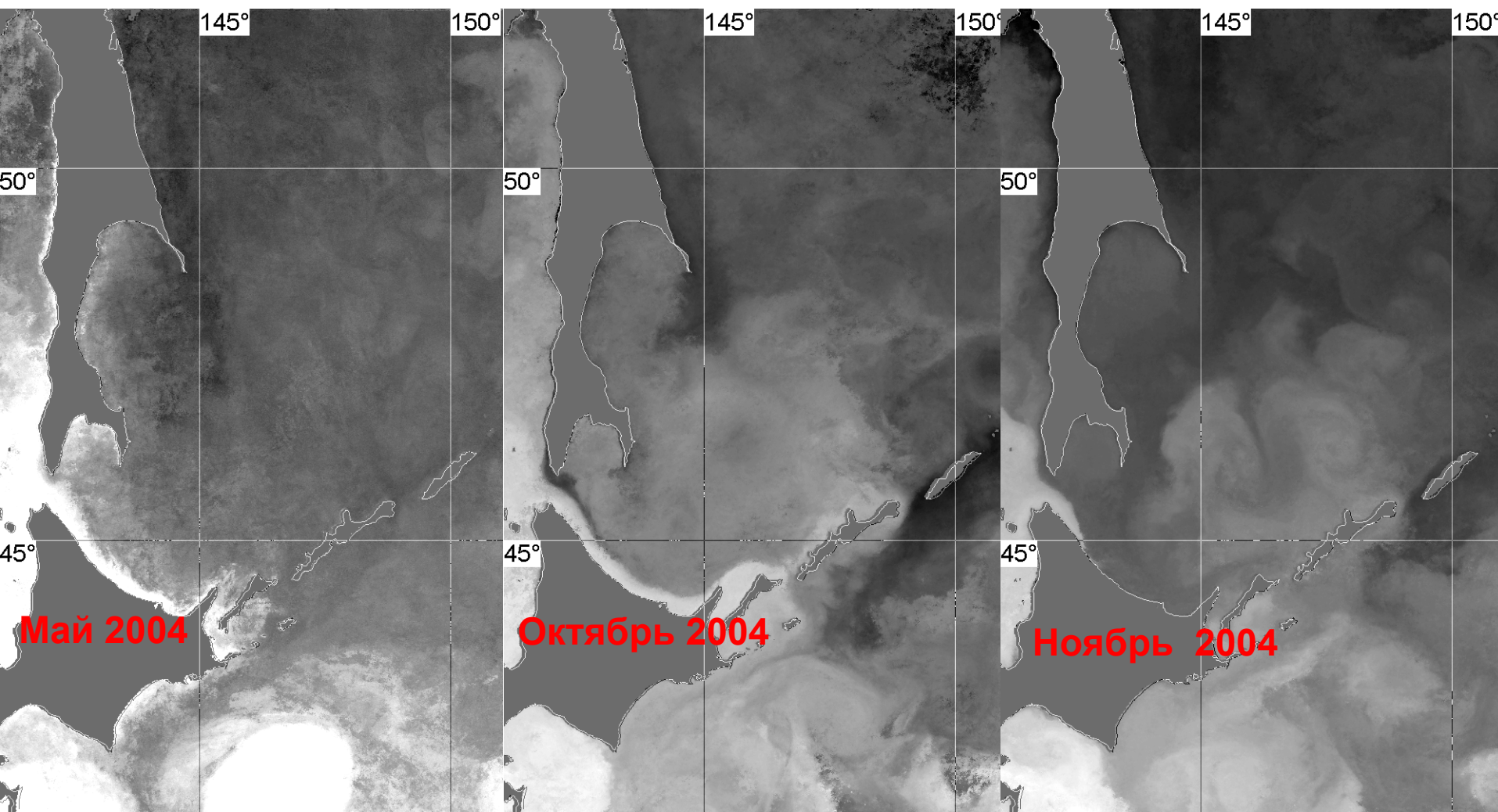
Мониторинг циркуляции на поверхности юга Охотского моря по месячным композициям ДОТК

(Проявление осеннего обострение термических контрастов по сравнению с
майскими контрастами, а также ноябрьское «запирание» течения СОЯ)

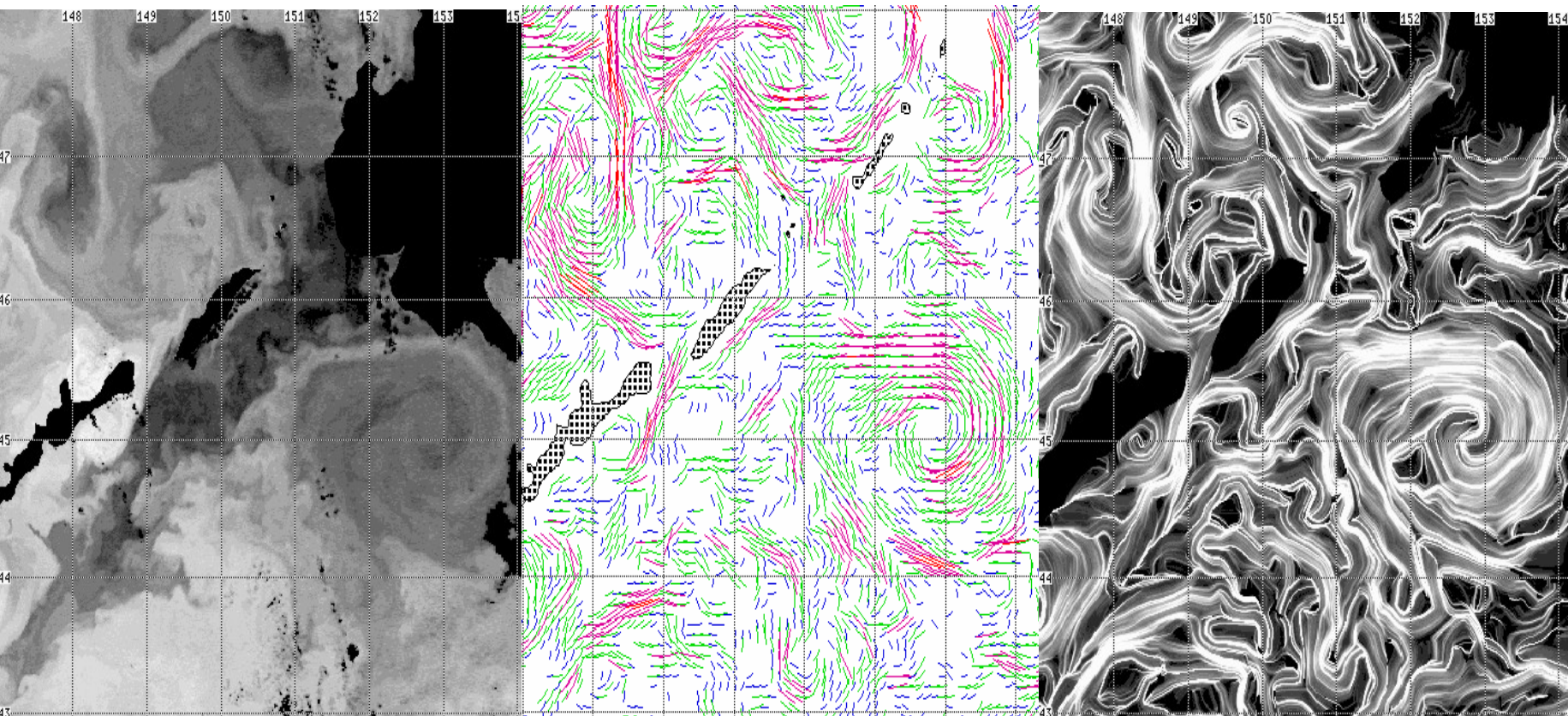


Мониторинг циркуляции на поверхности юга Охотского моря по месячным медианам температур

(Проявление осеннего обострение термических контрастов по сравнению с майскими контрастами, а также ноябрьское «запирание» течения СОЯ)



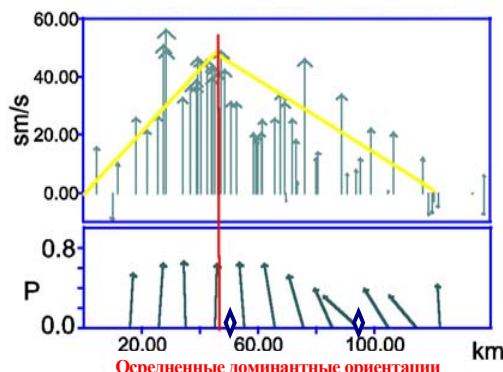
От ДОТК к плотности интегральных кривых – линиям тока



Фрагмент ИК изображения
НОАА за 10.10.95.

В силу сдвигового характера течений касательные к изотермам указывают на зоны максимальных скоростей. Поэтому интегральные кривые должны концентрироваться именно в этих зонах.

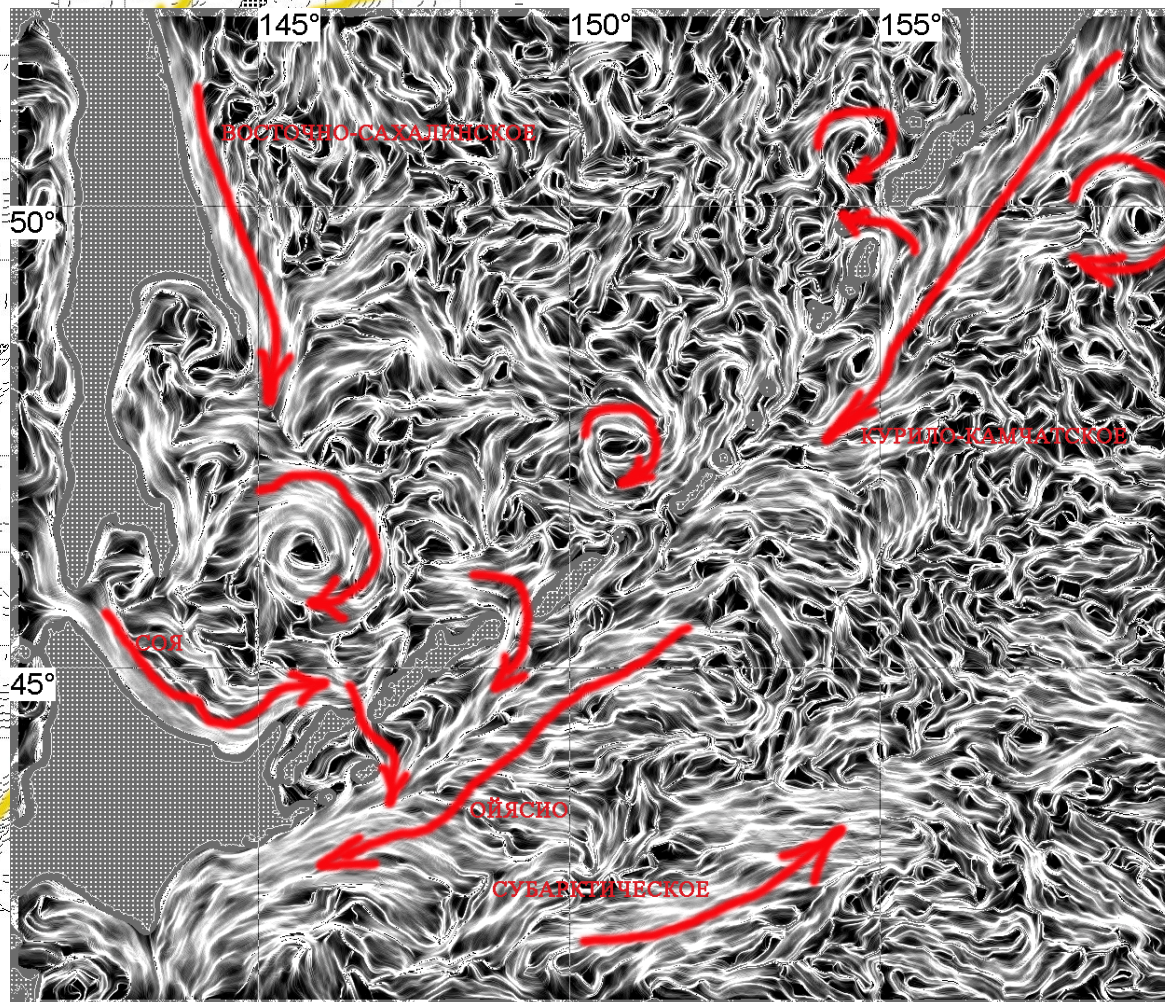
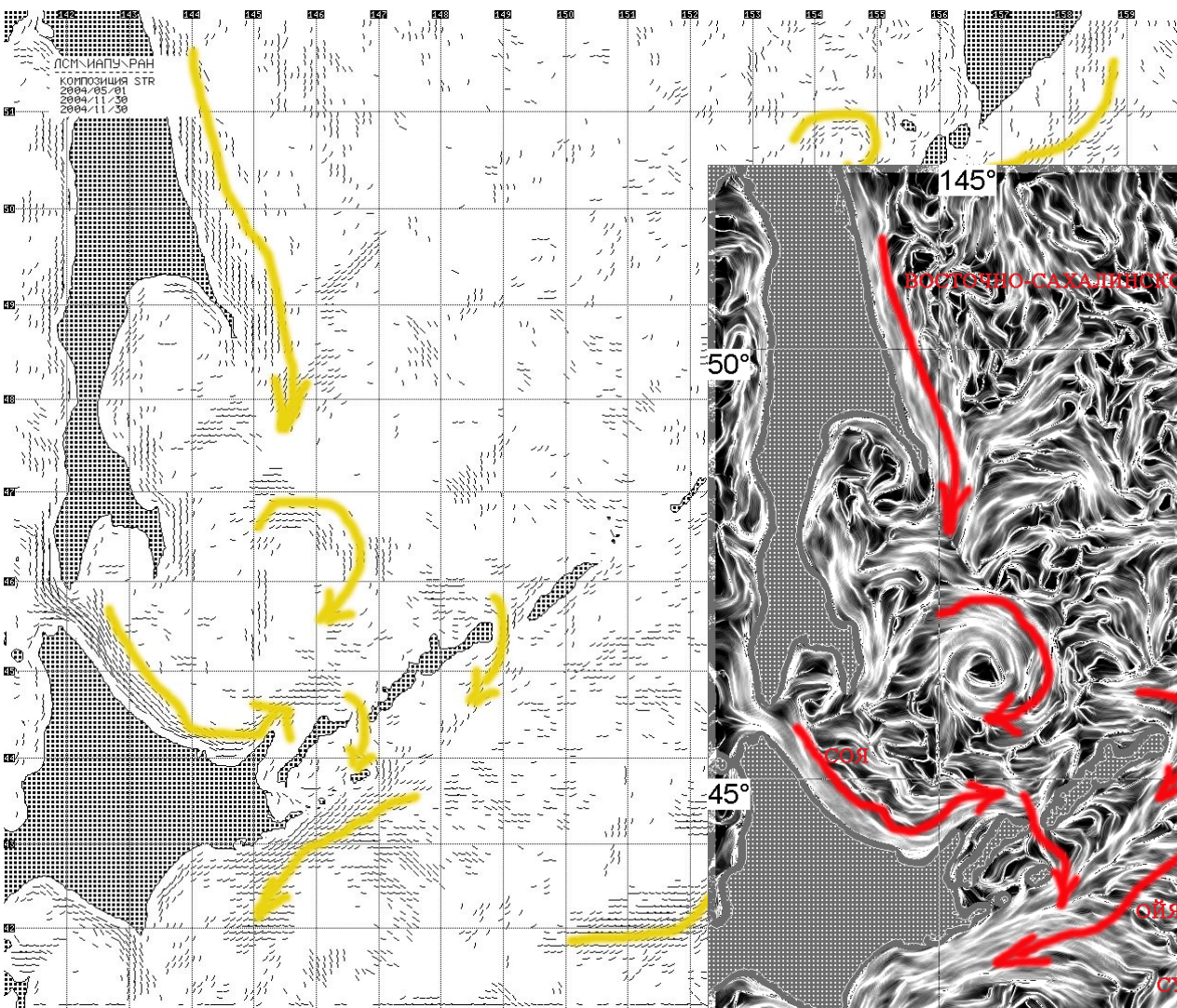
соответствующее
изображение ДОТК
Тангенциальная составляющая скорости



соответствующее изображение
плотности интегральных кривых

Яркость пикселя строящегося изображения – это количество интегральных кривых, прошедших через него. Чем выше яркость, тем выше плотность линий тока.

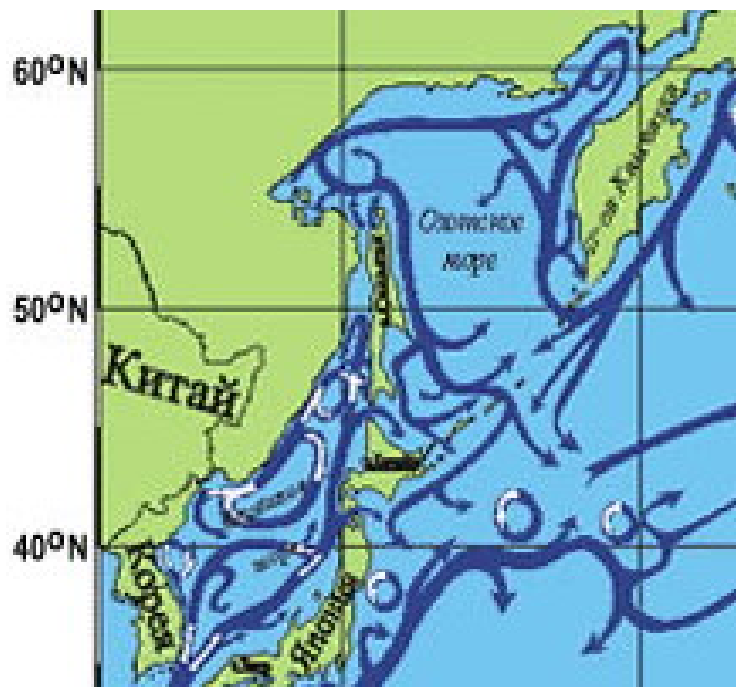
Интегральные кривые по композиции ДОТК за год (май-ноябрь, когда нет льда) проявили, фактически, все климатические течения и орографические вихри, присущие данному району Тихого океана.



Заключение:

Композиция ДОТК за год и построенная по ним плотность интегральных линий

Проявили основные климатические течения и орографические вихри, присущие данному району Тихого океана,



- Восточно-Сахалинское течение;
- антициклонический вихрь у южного Сахалина;
- течение Соя и его проникновение в проливы Екатерины и Кунаширский;
- антициклонические вихри в Охотском море у средних и северных Курильских о-вов;
- антициклонический вихрь восточнее северных Курильских о-вов;
- Курило-Камчатское течение (течение вдоль Курильских о-вов с океанской стороны до пр. Буссоль);
- сток охотоморских вод через пр. Фриза и течение Ойясио от пр. Фриза до Хоккайдо.

Спасибо за внимание !

