



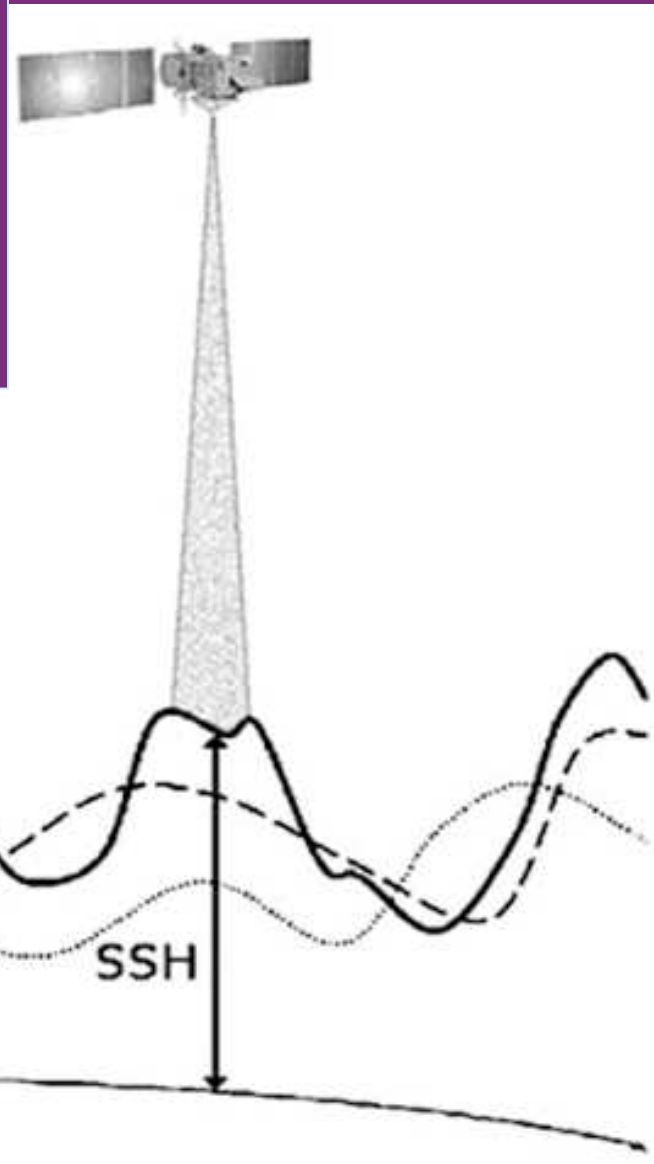
Санкт-Петербургский государственный университет
Лаборатория региональной океанологии

Наблюдение волн Россби на основе альтиметрических данных в Северо- западной части Тихого океана

Т.В. Белоненко, В.Э.Ильченко

Альтиметрические данные SLA

аномалии уровня моря относительно модели CLS01 со спутников Jason, TOPEX/Poseidon, ENVISAT, GFO-1, ERS1/2, GEOSAT, интерполированные в узлы сетки с шагом $1/3^\circ$ на $1/3^\circ$.

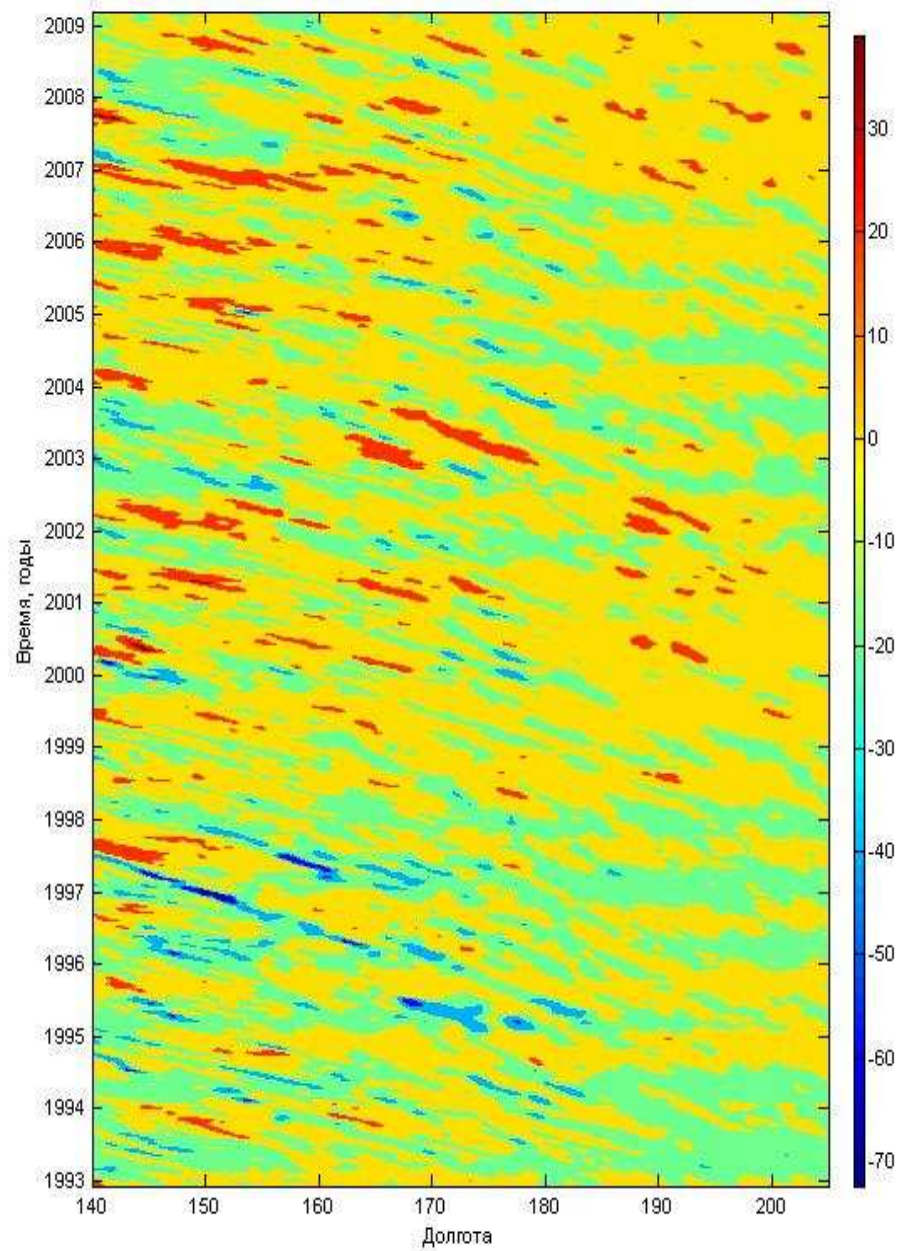


$$SLA = SSH - MSSH$$

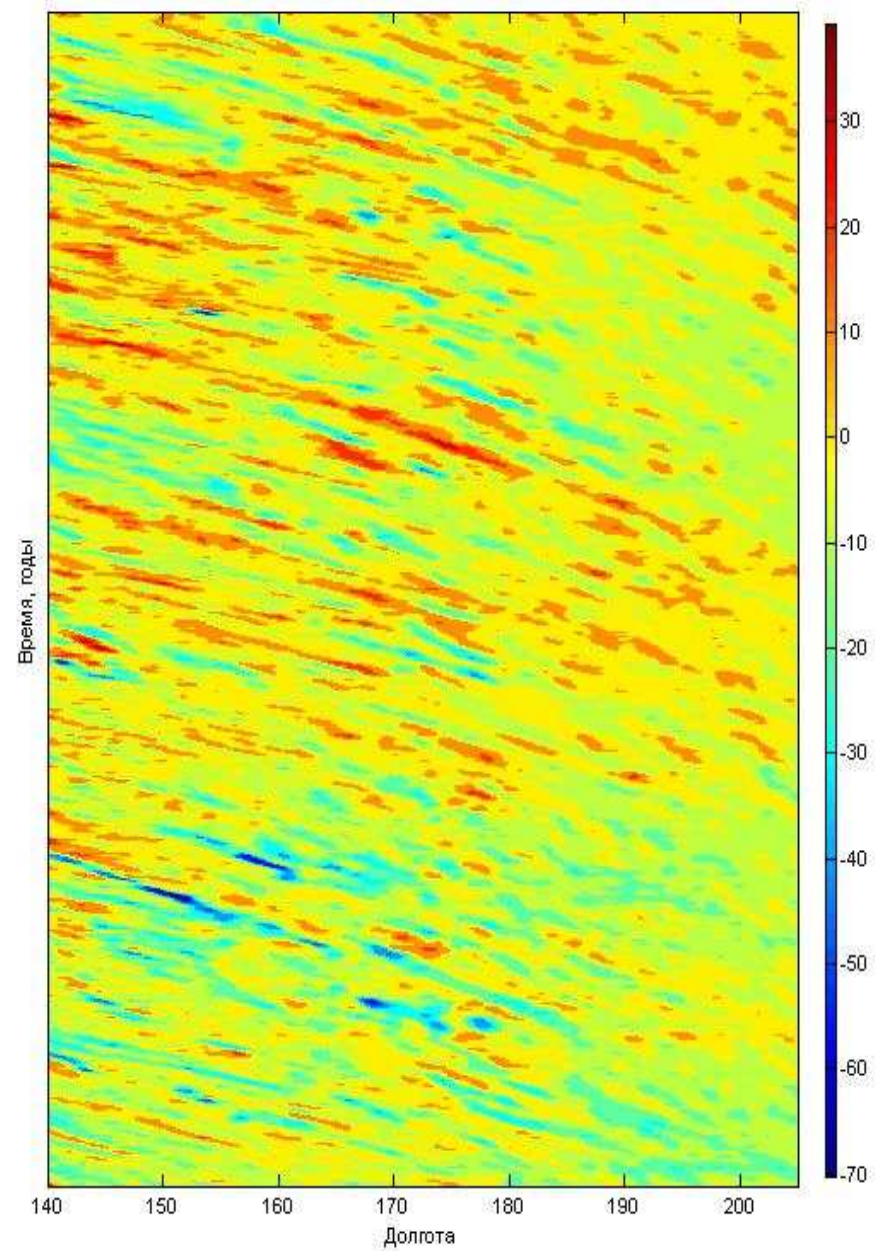
$$MDT = MSSH - h_{\text{geoid}}$$

$$ADT = SLA + MDT$$

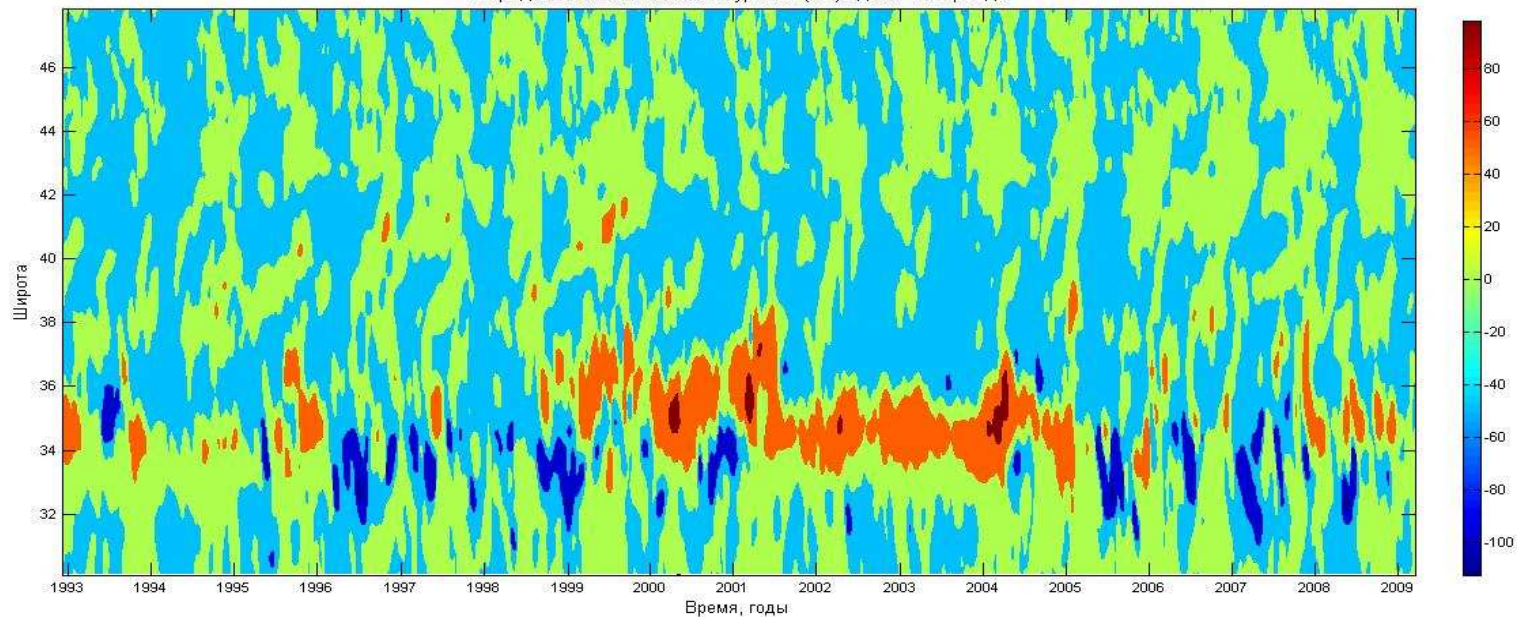
Зональные изоплеты уровня (см) вдоль 30 гр.с.ш.



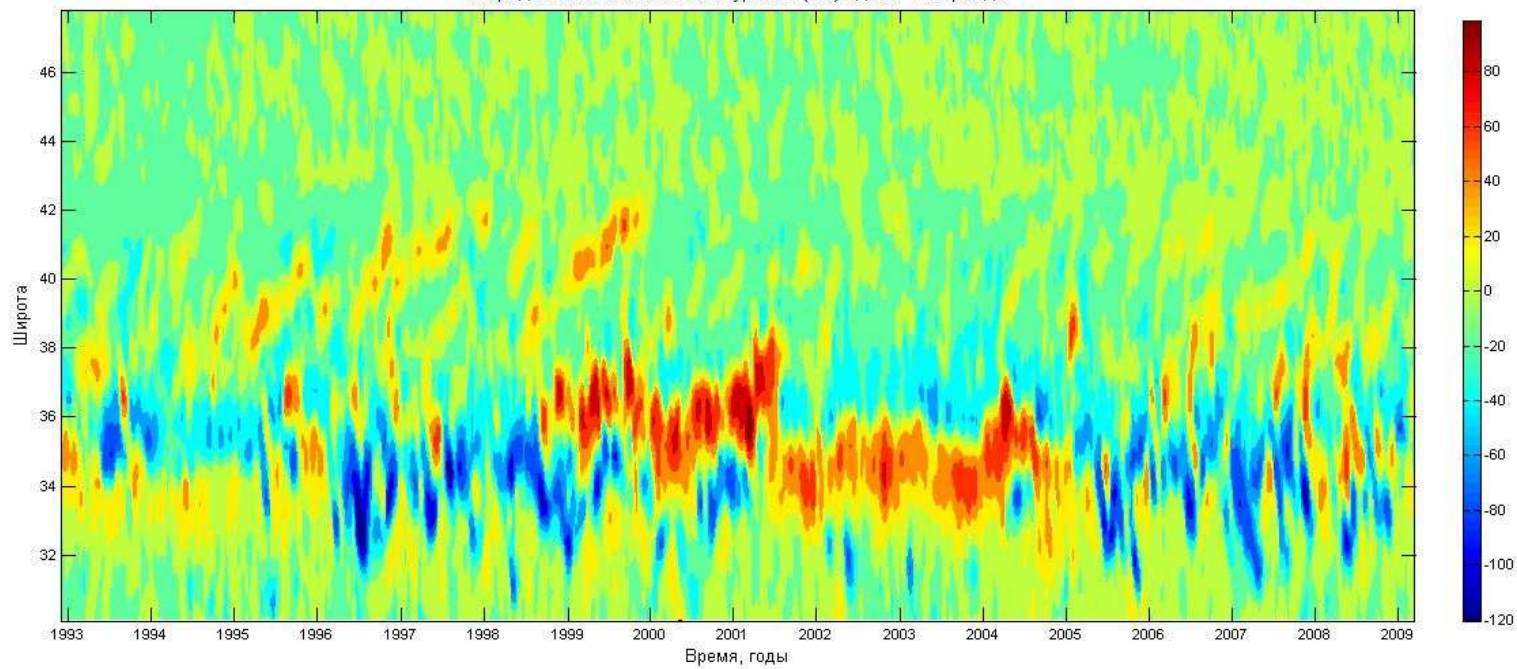
Зональные изоплеты уровня (см) вдоль 30 гр.с.ш.

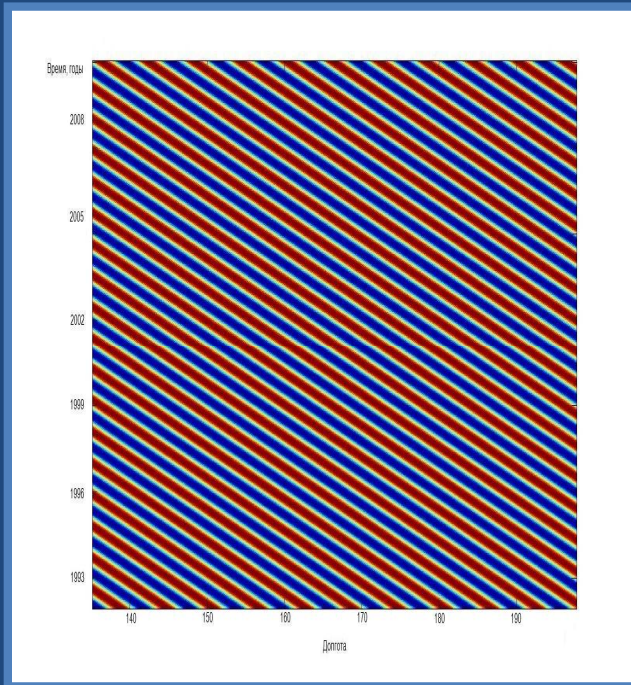


Меридиональные изоплеты уровня (см) вдоль 145 гр. в. д.



Меридиональные изоплеты уровня (см) вдоль 145 гр. в. д.

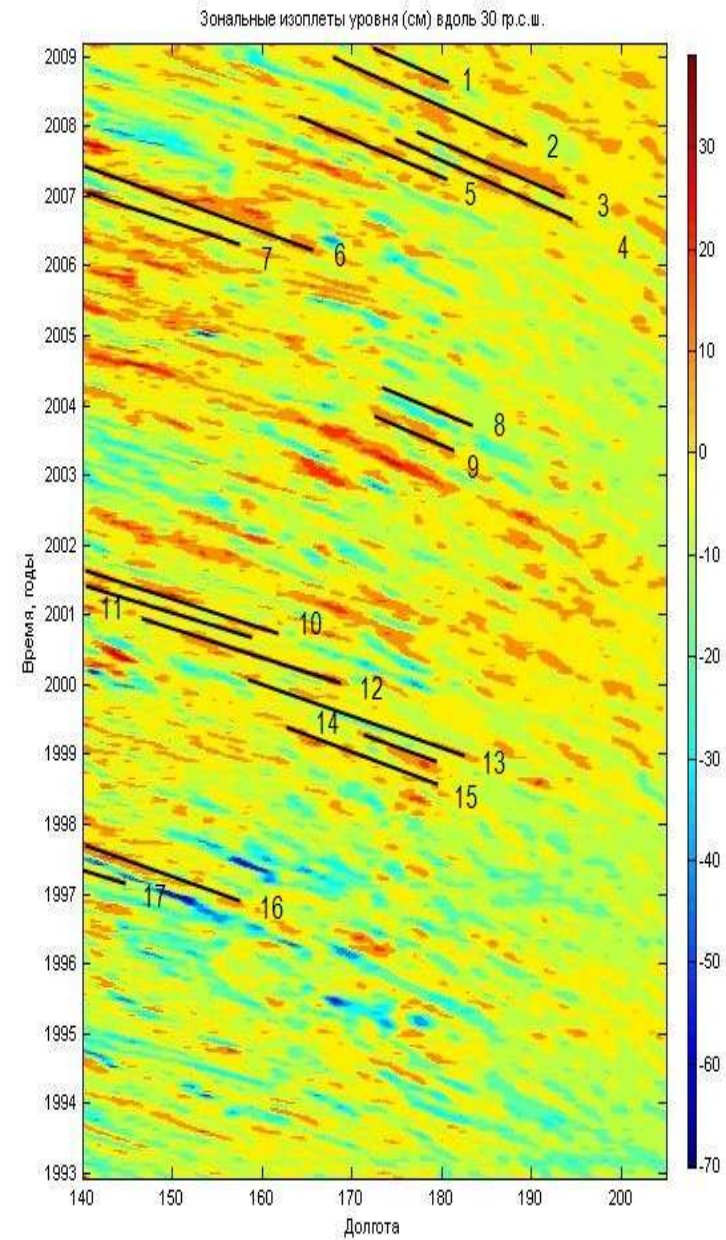




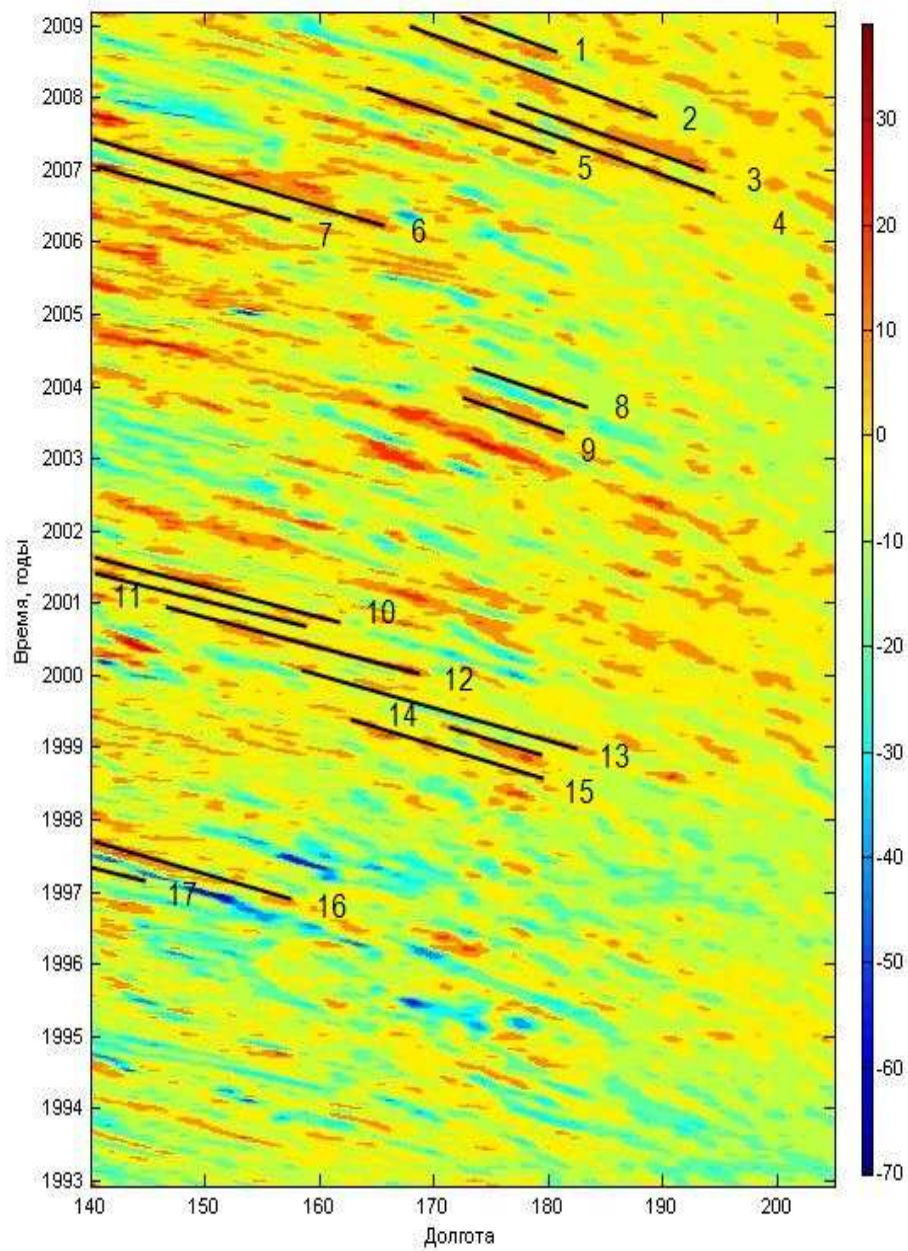
$$\xi = \cos(\sigma t - kx)$$

$$\sigma = 2\pi / T = 2\pi / 365 \text{ сут.} = 0,1992 \text{ с}^{-1}$$

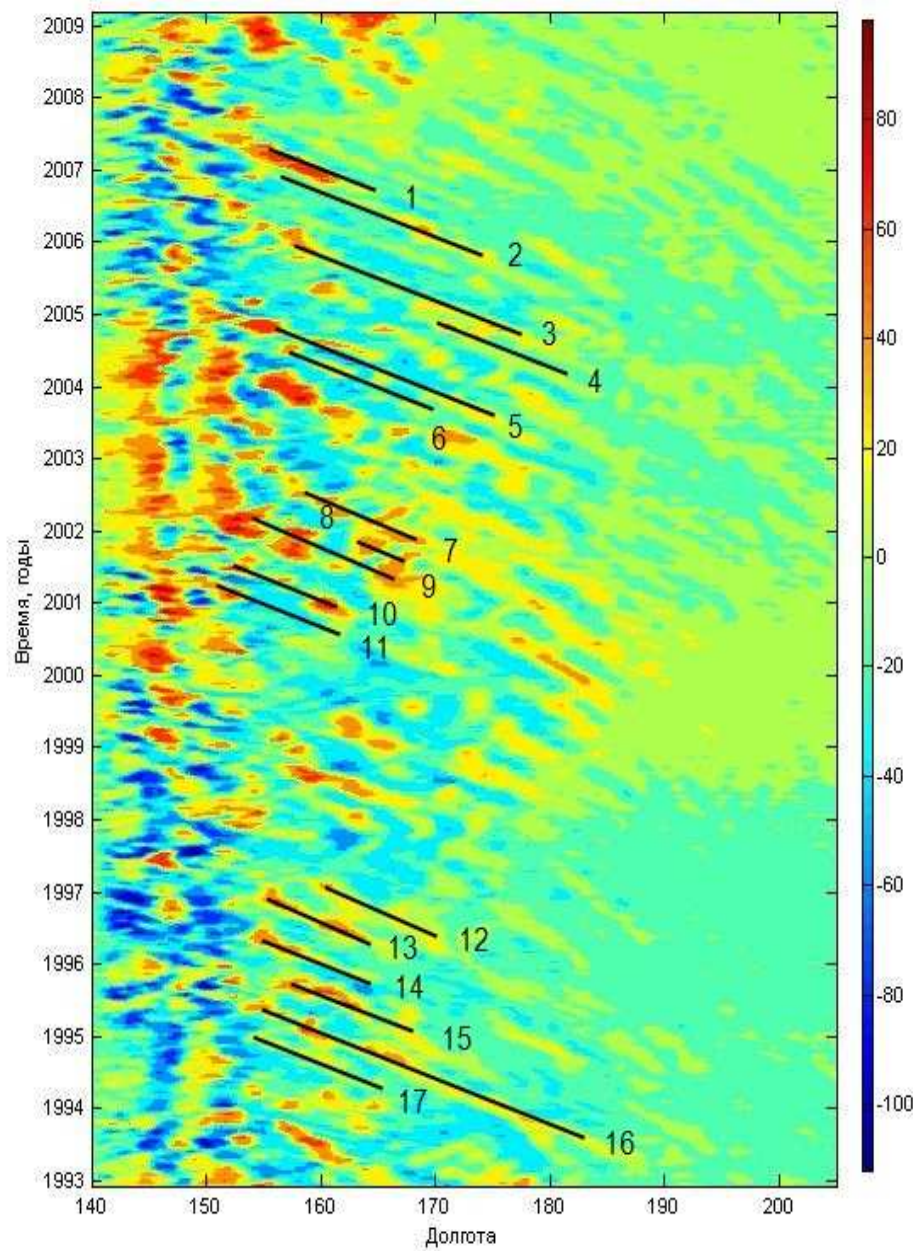
$$k = - 2\pi / \lambda = - 2\pi / 200 \text{ км}^{-1} = - 0,3142 \text{ м}^{-1}$$



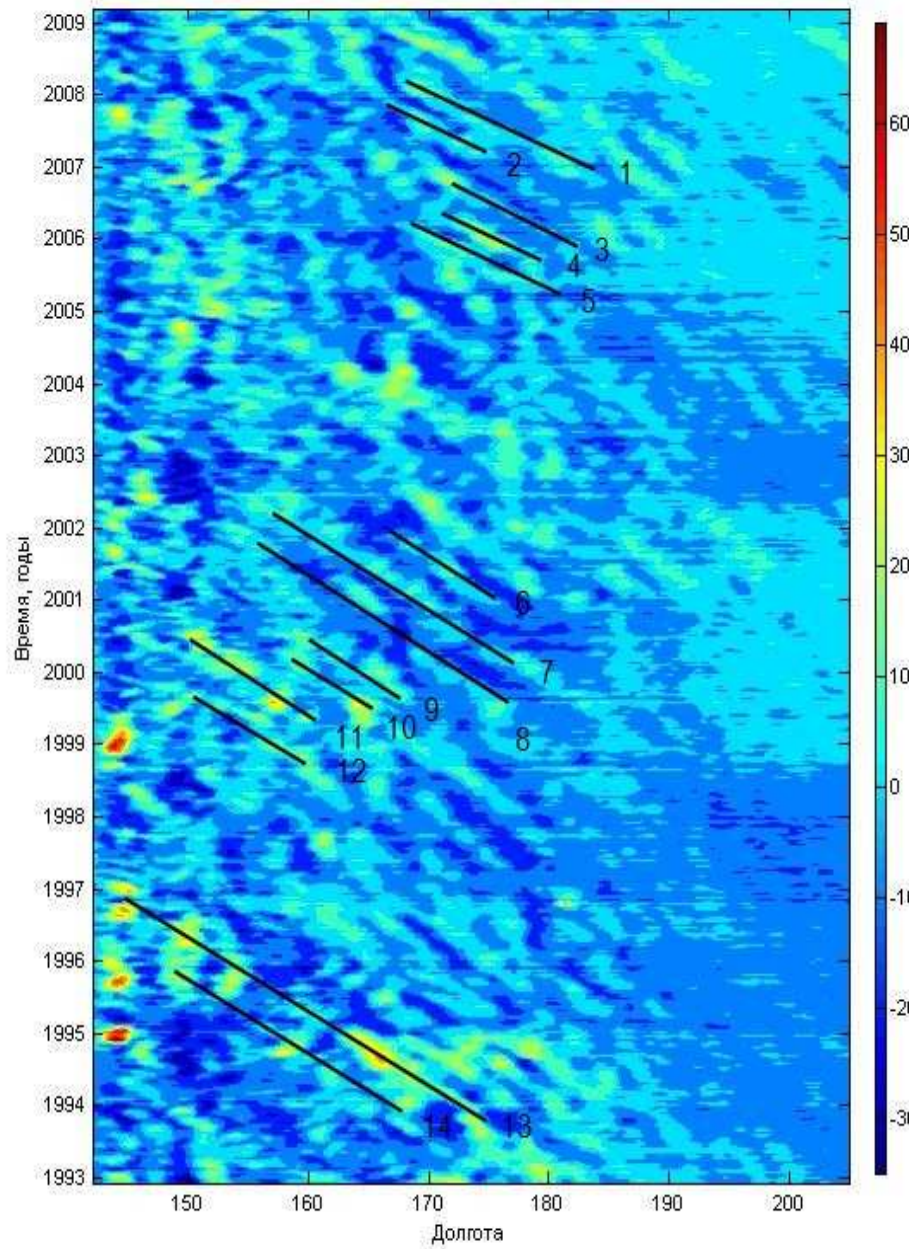
Зональные изоплеты уровня (см) вдоль 30 гр.с.ш.



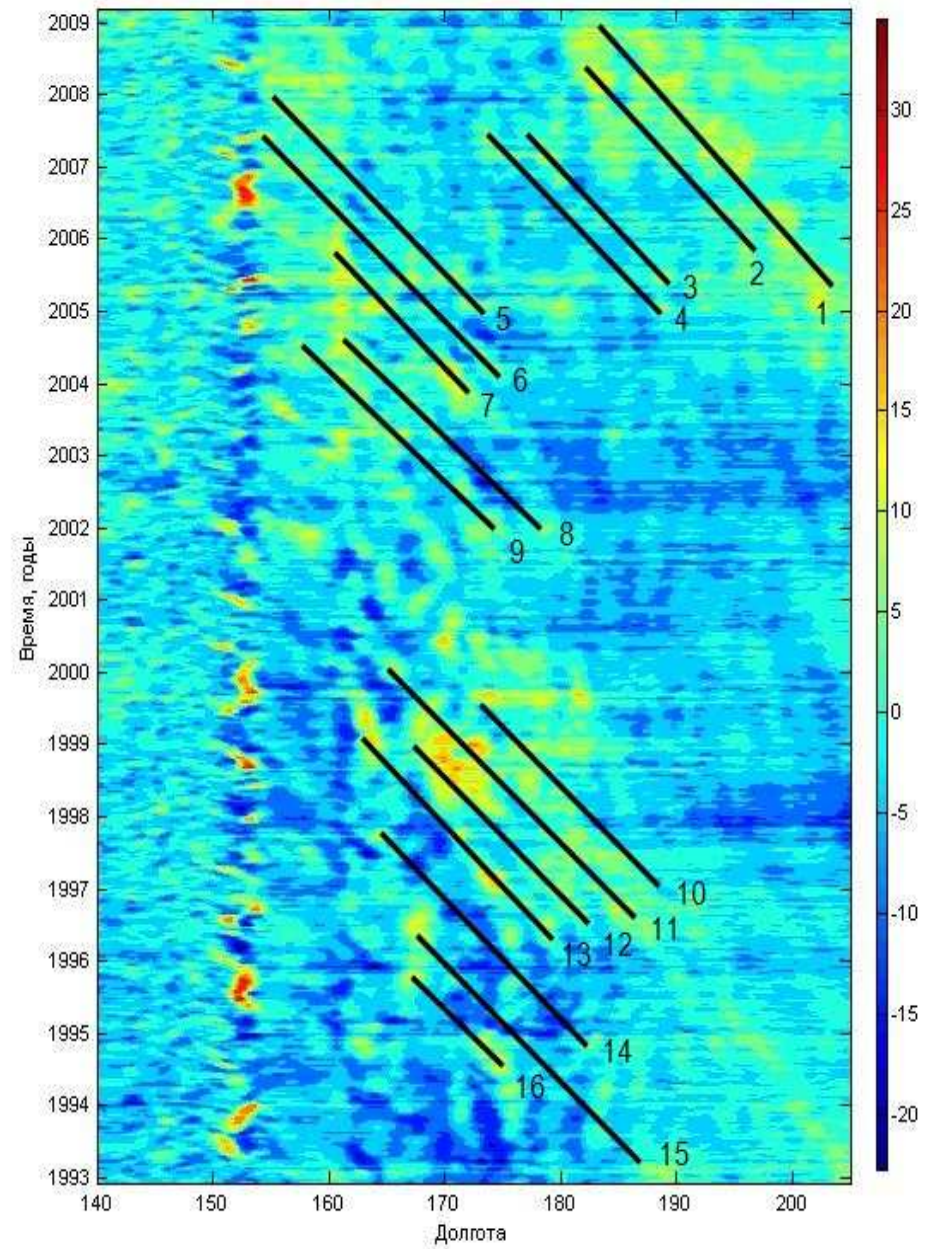
Зональные изоплеты уровня (см) вдоль 35 гр.с.ш.



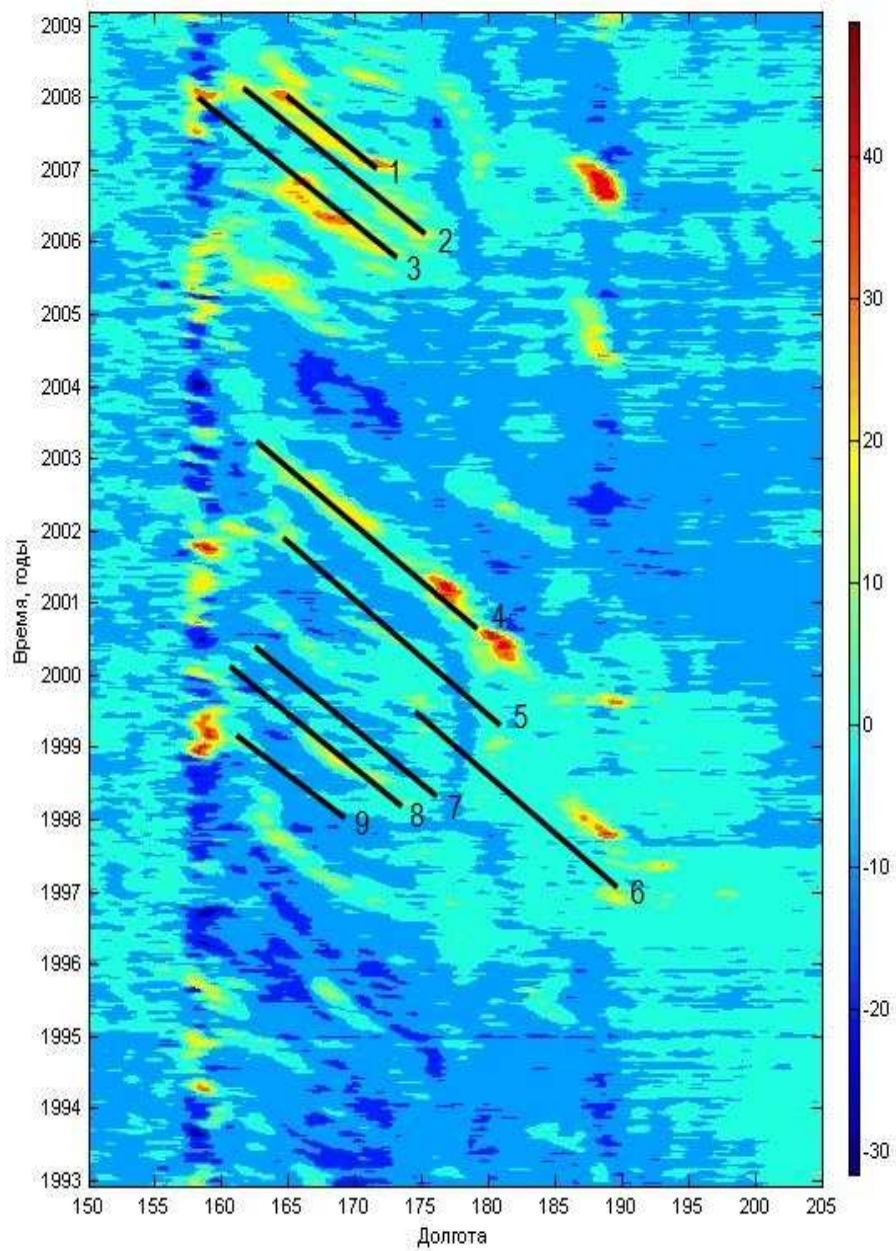
Зональные изоплеты уровня (см) вдоль 40 гр.ш.



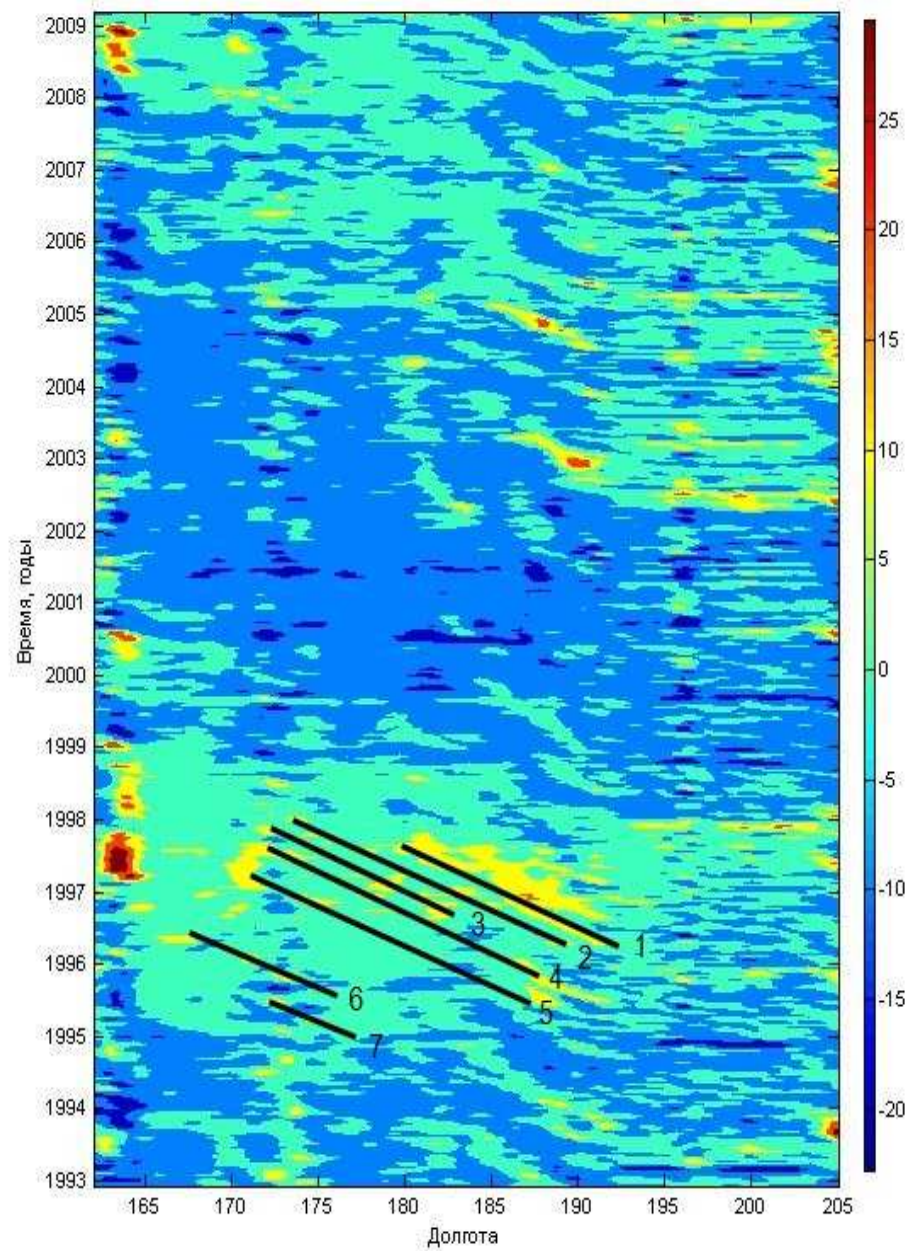
Зональные изоплеты уровня (см) вдоль 45 гр.ш.



Зональные изоплеты уровня (см) вдоль 50 гр.ш.



Зональные изоплеты уровня (см) вдоль 55 гр.ш.



Характеристики эмпирических волн Россби по зональным изоплетам уровня Северо-западной части Тихого океана

30° с.ш.		35° с.ш.		40° с.ш.		45° с.ш.		50° с.ш.		55° с.ш.	
Длина волны L , км	Период T ,сут	Длина волны L , км	Период T ,сут	Длина волны L , км	Период T ,сут	Длина волны L , км	Период T ,сут	Длина волны L , км	Период T ,сут	Длина волны L , км	Период T ,сут
590	110	305	284	522	162	305	284	359	110	343	122
375	73	262	243	522	162	262	243	645	219	343	81
375	73	305	284	427	122	305	284	1076	365	343	81
640	110	305	284	617	284	305	284	860	292	588	162
860	146	305	284	474	203	305	284	574	183	588	162
540	73	174	162	332	162	174	162	860	292	343	122
540	73	349	284	617	162	349	284	359	110	343	81
480	73	349	284	522	243	349	284	645	219	343	81
700	110	174	243	522	162	174	243	1076	365	588	162
700	110	262	243	522	162	262	243	860	292	588	162

Изменение фазовой скорости волн Россби с широтой

Широта, ° с.ш.	Фазовая скорость c , в см/с
30	7,5
35	5
40	3,2
45	1,5
50	3,3
55	3,1

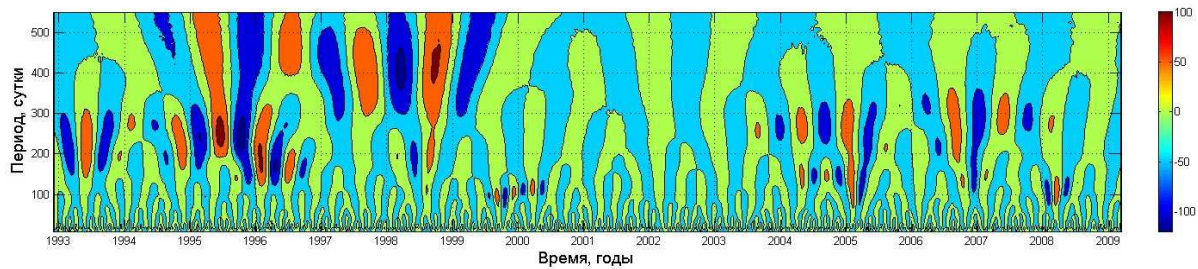
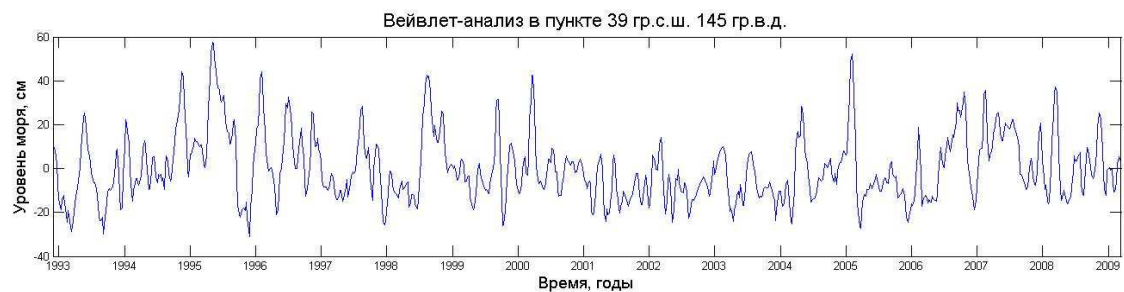
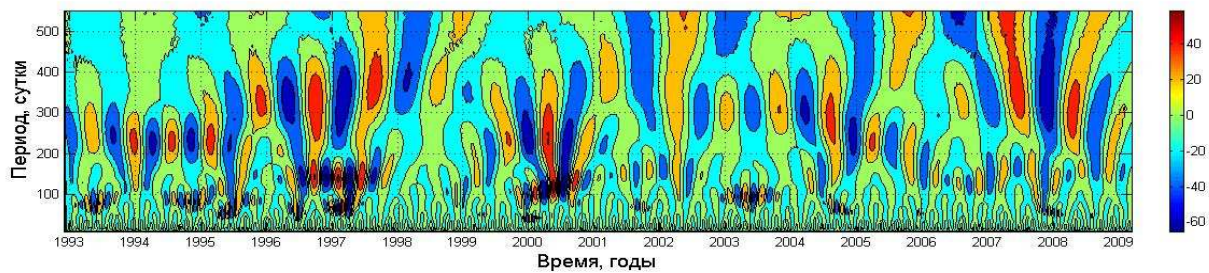
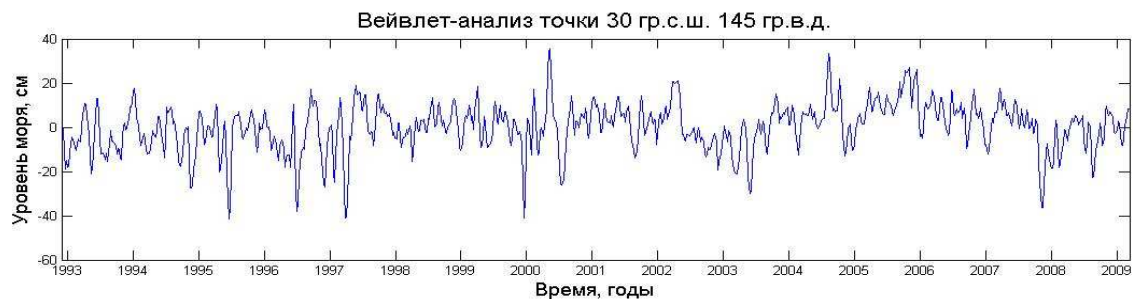
Фазовая скорость волн Россби на 30° с.ш. составляет 7,5 см/с, волны Россби на на 30° с.ш. пересекают Тихий океан за 5 лет

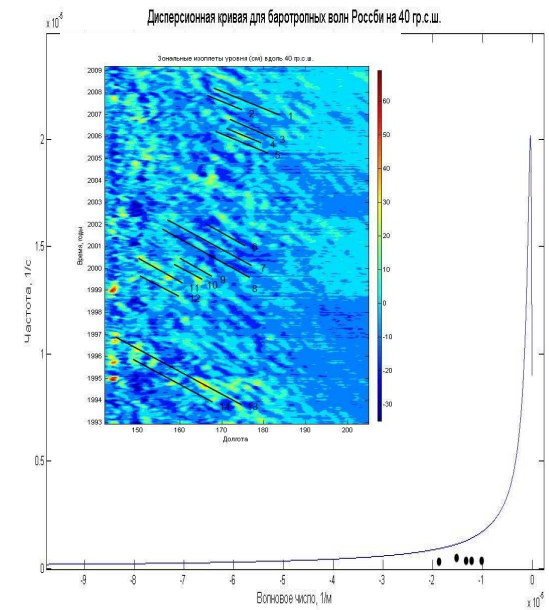
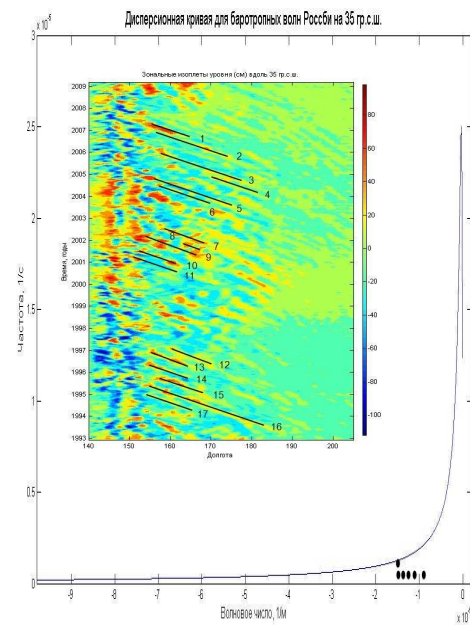
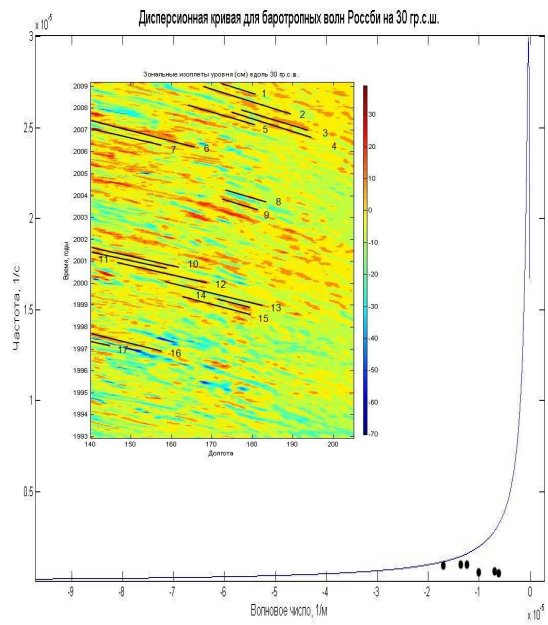
Chelton D.B., Schlax M.G., Samelson R.M., de Szoeke R.A., «Global observations of westward energy propagation in the ocean: Rossby waves or nonlinear eddies?», 2007

**Энергонесущие частоты и соответствующие им периоды,
выделенные с помощью спектрального анализа временного
ряда в пунктах № 1 и № 2.**

Пункт № 1 30° с.ш. 145° в.д.		Пункт № 2 39° с.ш. 145° в.д.	
Частота, 1/с *10 ⁻⁷	Период, сутки	Частота, 1/с *10 ⁻⁷	Период, сутки
2,66	273	0,88	818
3,55	205	1,77	409
1,77	409	2,66	273
4,44	164	3,55	204
8,88	82	4,44	164
16	45	7,1	102
40	18	21	36

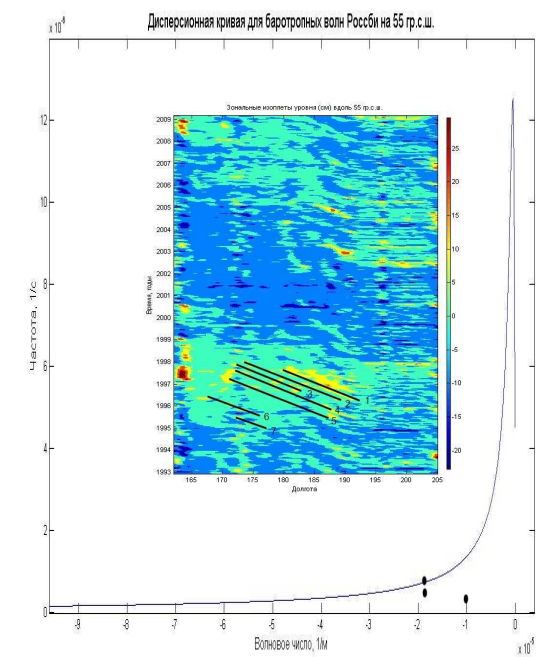
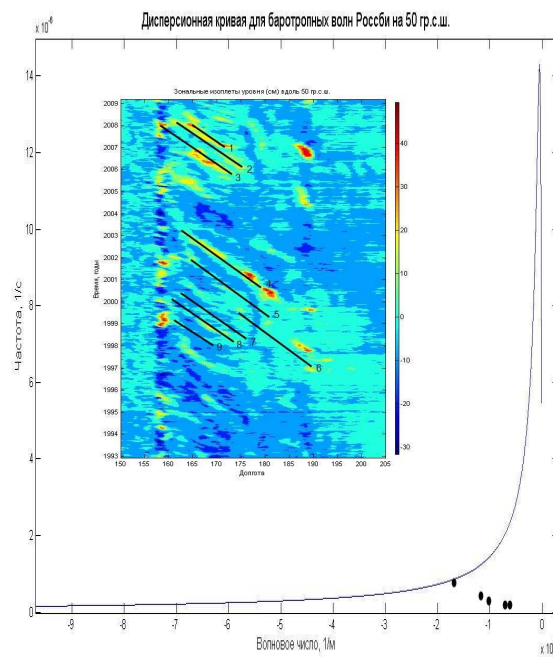
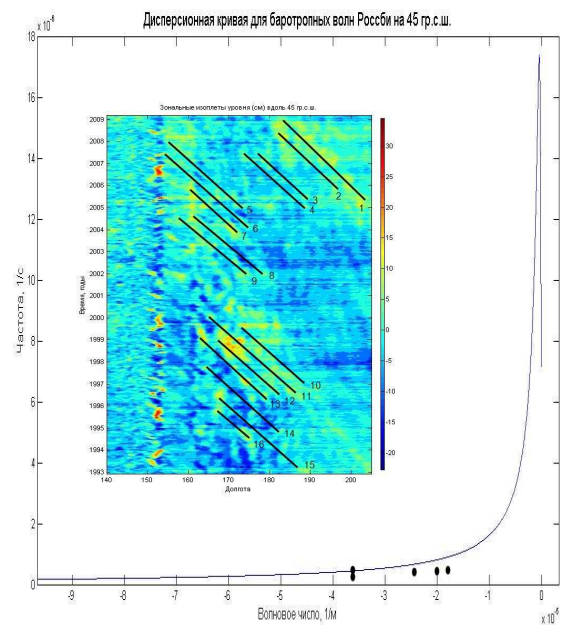
Эволюция относительного вклада компонент разного масштаба во времени. Нестационарность.



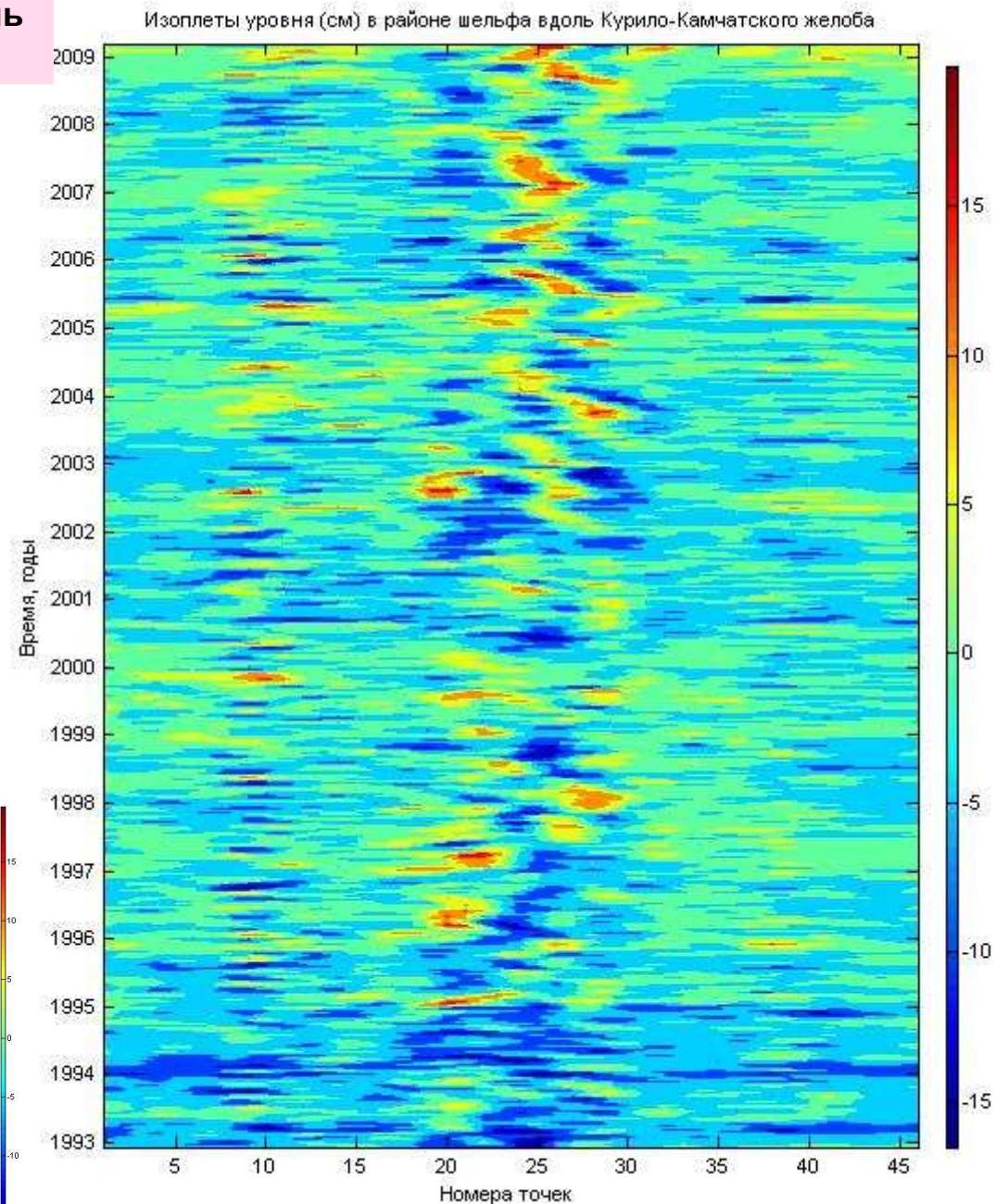
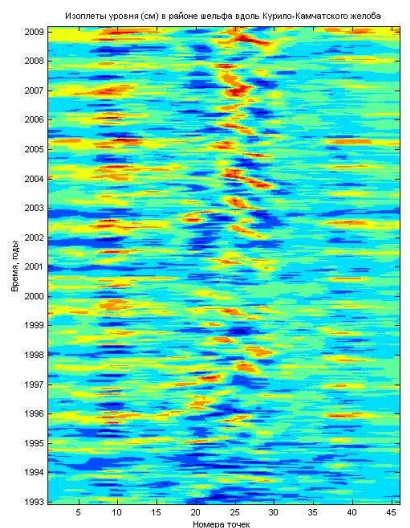


Дисперсионные кривые для баротропных волн Россби

$$\sigma = - \frac{\beta k}{k^2 + R^{-2}}$$

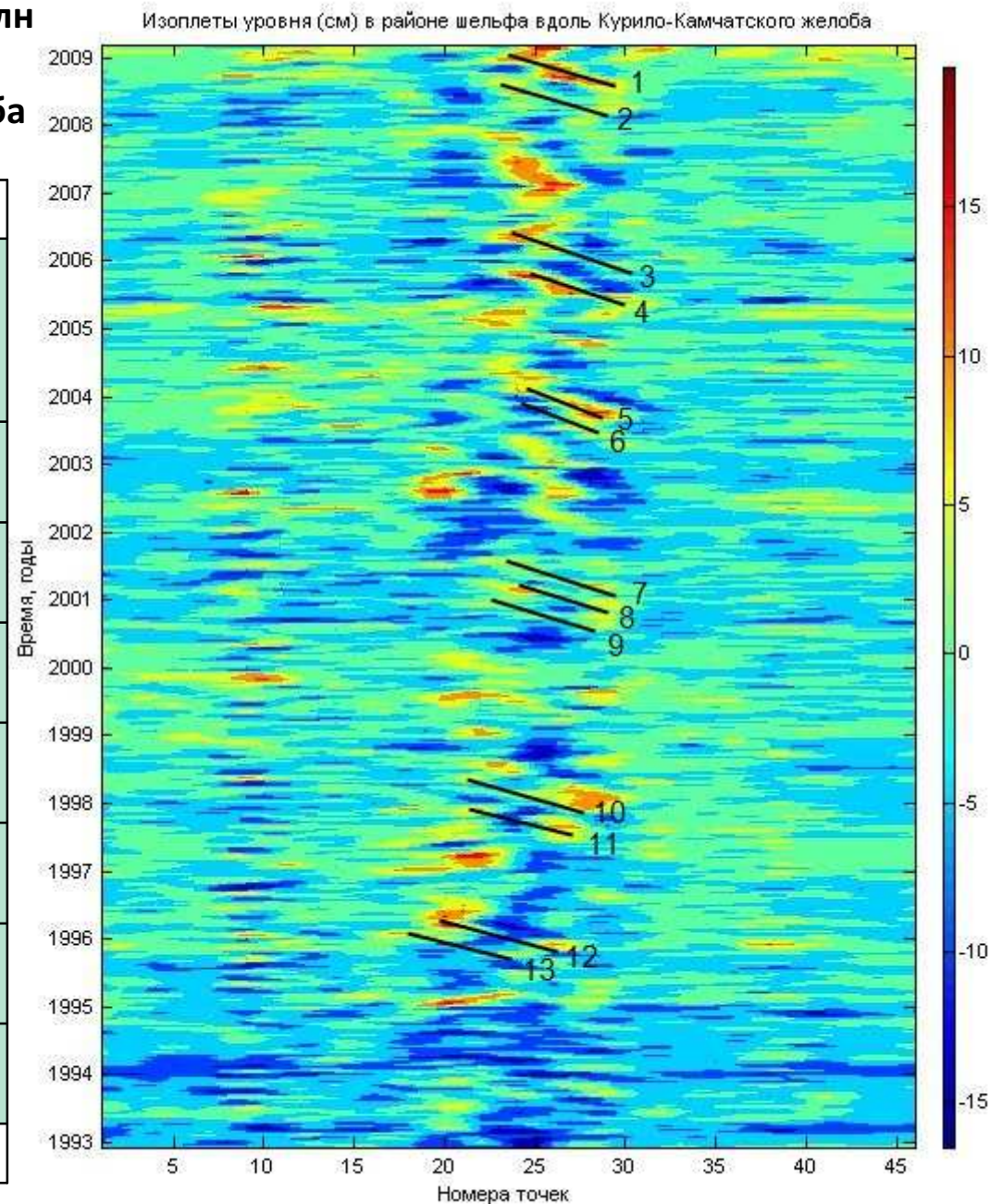


Выделение топографических волн Россби и шельфовых волн в районе шельфа вдоль Курило-Камчатского желоба



Характеристики топографических волн Росбси по изоплетам аномалий уровня океана вдоль Курило-Камчатского желоба

Выделенные гребни	Характеристики			
	Волновое число k , 1/м	Дли-на вол-ны L , км	Час-тота s , 1/с	Пери-од T ,сут
1-2	$3,464E-05$	181,28	$4,48E-07$	162,2
3-4	$3,695E-05$	169,95	$4,48E-07$	162,2
5-6	$7,918E-05$	79,31	$8,96E-07$	81,1
7-8	$5,543E-05$	113,3	$8,96E-07$	81,1
8-9	$4,264E-05$	147,29	$5,97E-07$	121,6 5
10-11	$3,464E-05$	181,28	$4,48E-07$	162,2
12-13	$4,264E-05$	147,29	$5,97E-07$	121,6 5
Фазовая скорость $c = 1,2$ см/с				



Выводы

На зональных изоплотах отчетливо выражен волновой характер пространственно-временной структуры изменчивости уровня, которая представлена последовательностью гребней и впадин, с генеральным направлением распространения колебаний уровня – на запад. Эти волновые движения достаточно устойчивы во времени и прослеживаются без существенных изменений иногда до 3-5 лет.

С продвижением на север волновая структура в связи с особенностями циркуляции вод в Северо-западной части Тихого океана претерпевает значительные изменения, а именно: существенно уменьшается амплитуда волн, увеличивается наклон линий равного уровня, что подтверждается уменьшением фазовой скорости волн – с **7,5 до 1,5 см/с**.

Увеличение фазовой скорости волн на 50° с.ш. связано, вероятно, с особенностями циркуляции вод на данной широте, т.к. при следующем продвижении на север волн, их фазовая скорость снова уменьшается.

Подавляющее большинство характеристик выделенных гребней волн соответствуют **бароклиным модам**, но практически на каждом изоплоте уровня удалось выделить те гребни волн, характеристики которых относятся к **баротропным модам**.

Среди характеристик выделенных гребней волн Россби часто встречаются следующие значения частот и периодов соответственно: $0,9 \cdot 10^{-6}$ 1/с и **81 суток**, $0,6 \cdot 10^{-6}$ 1/с и **109 суток**, $0,4 \cdot 10^{-6}$ 1/с и **162 суток**. При этом значения зональной составляющей длин волн Россби изменяются в диапазоне от **174 до 1075 км**.

На изоплотах аномалий уровня океана в районе шельфа вдоль Курило-Камчатского желоба выделились топографические волны Россби, распространяющиеся в юго-западном направлении, вдоль берега, оставляя берег справа. Анализ перемещений гребней волн показал, что они распространяются с фазовой скоростью, равной 1,2 см/с. Характерными значениями частот являются $0,4 \cdot 10^{-6}$; $0,6 \cdot 10^{-6}$ и $0,9 \cdot 10^{-6}$ 1/с, соответствующие периодам 162, 122 и 81 суток. Длины волн находятся в интервале между 79 и 181 км.

Дальнейшее развитие

БАРОТРОПНЫЕ и БАРОКЛИННЫЕ СТОЯЧЕ- ПОСТУПАТЕЛЬНЫЕ ВОЛНЫ РОССБИ

Наблюдающаяся на альтиметрических картах пестрая картина чередований положительных и отрицательных аномалий уровня океана может быть объяснена природой стояче-поступательных волн Россби.

Волновое поле представляет систему стационарных и нестационарных узловых линий стоячих колебаний, между которыми перемещается прогрессивная волна с составляющими на параллель и меридиан фазовыми скоростями

$$c_{xij} = \frac{\sigma_{ij}}{k_{ij}}$$

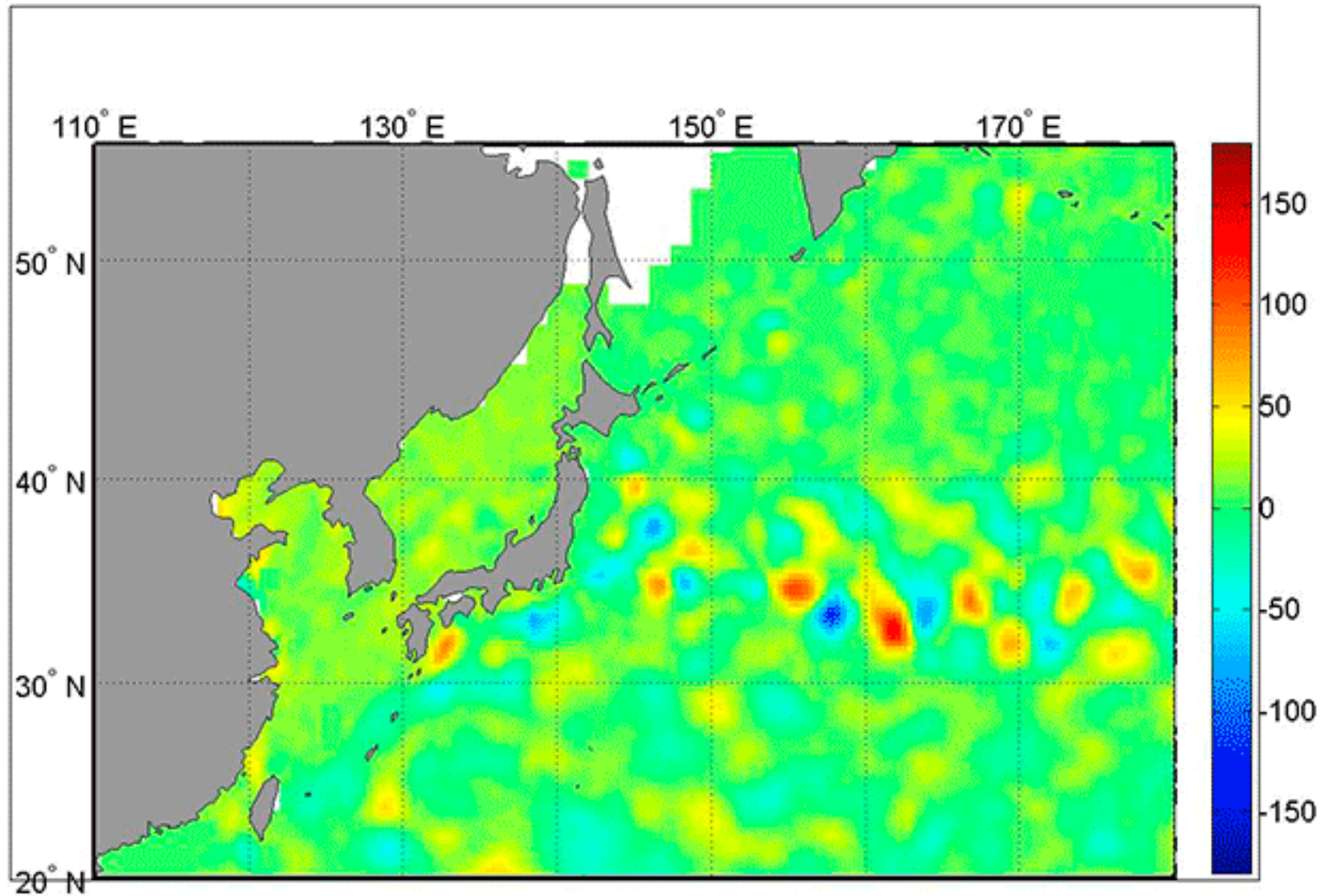
И

$$c_{yij} = \frac{\sigma_{ij}}{n_{ij}}$$

Свидетельством реальности такой волновой динамики могут быть часто наблюдаемые в поле волн узловые линии со скачкообразными изменениями начальных фаз, регистрируемые как в морях, так и в открытом океане

$$\xi = \sum_{ij} A_{ij}(x, y, t) \cos m_{ij} x \cos l_{ij} y \cos (\sigma_{ij} t - k_{ij} x - n_{ij} y)$$

Дата: 14.10.1992



Спасибо за внимание!