
«Исследование низкочастотных
возмущений уровня Японского
моря на основе спутниковых
альтиметрических данных»

Выполнила: Зверева А.Е.

Санкт-Петербургский Государственный
университет



Цели и задачи

Цели:

- Исследование нестационарных возмущений уровня Японского моря
- Оценка зависимости возмущений от гидрометеорологических факторов

Задачи:

- Выделение динамических и стерических эффектов в изменчивости уровня моря
 - Выбор методики анализа частотной нестационарности исследуемых процессов
 - Вейвлет-анализ колебаний уровня
 - Описание когерентности, частотной и временной локализации колебаний
-

Термодинамические основы океанологической интерпретации альтиметрических съемок океана

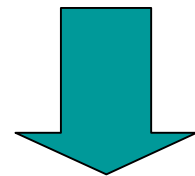
$$\underline{\Pi = O - I + C/S}$$

O-осадки
 I-испарение
 C-сток
 S-площадь акватории

$$\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt} + \text{div} V + \frac{\partial \omega}{\partial z} = \Pi$$

$$z = 0 \quad \longrightarrow \quad \omega \approx -\frac{\partial \xi}{\partial t}$$

$$z = H(x,y) \quad \longrightarrow \quad \omega = 0$$



$$\frac{\partial \xi}{\partial t} = -\text{div} \bar{V} H - \int_0^H \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial t} dz$$

«Динамическое»

Стерическое

изменение уровня

изменение уровня

Вейвлеты как базисные функции:

(Параметр a задает ширину пакета, а b – его положение)

Базисная функция

$$\psi_0(t)$$

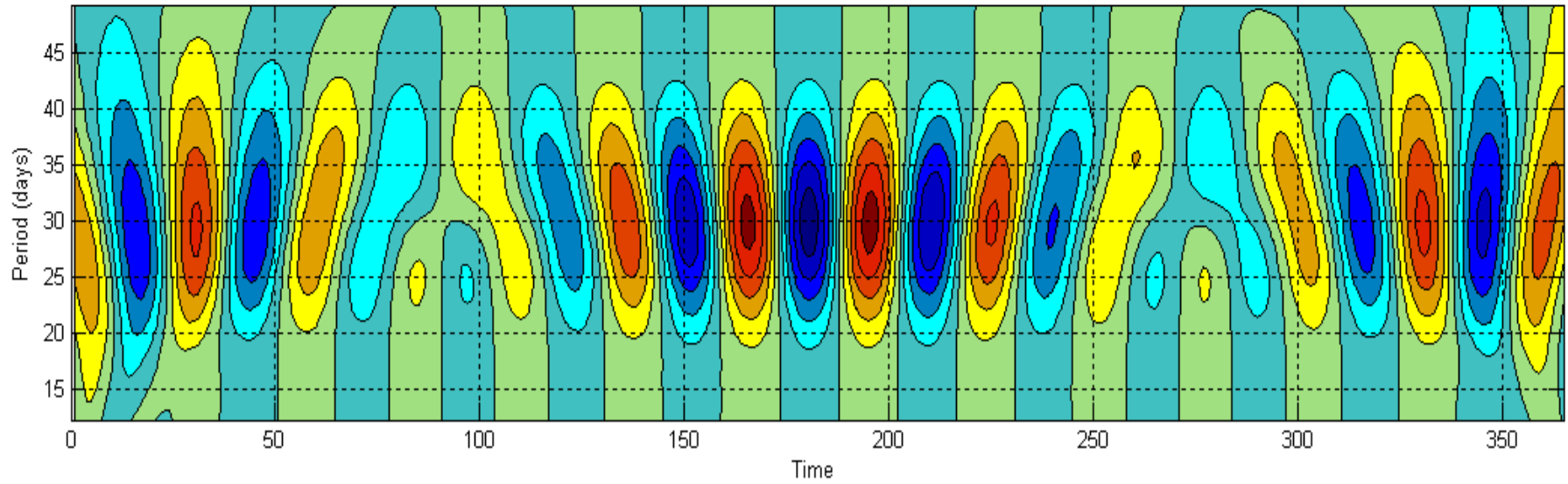
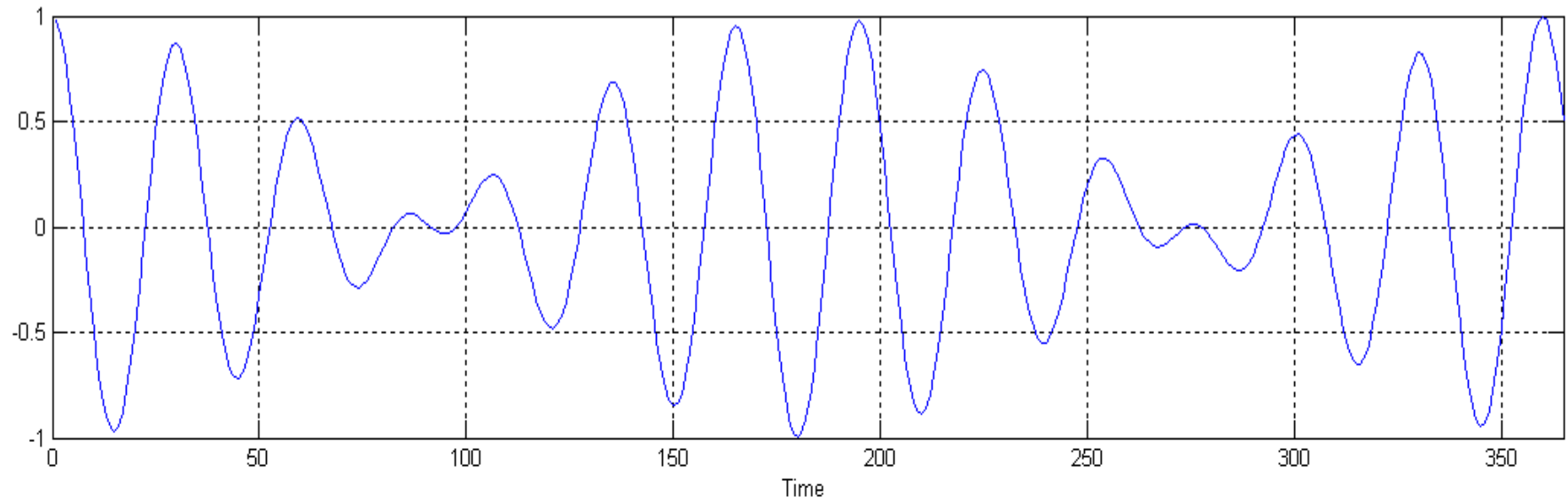
Вейвлет-функция

$$\psi = \psi(a, b, t) = a^{-\frac{1}{2}} \psi_0\left(\frac{t - b}{a}\right)$$

Интегральное вейвлет-преобразование

$$W(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{|a|^{1/2}} \psi_0\left(\frac{t - b}{a}\right) dt$$

$$p = \cos(2\pi t/365) \cdot \cos(2\pi t/30)$$

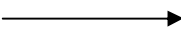
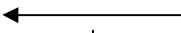


Взаимный вейвлет-анализ и вейвлет-когерентность

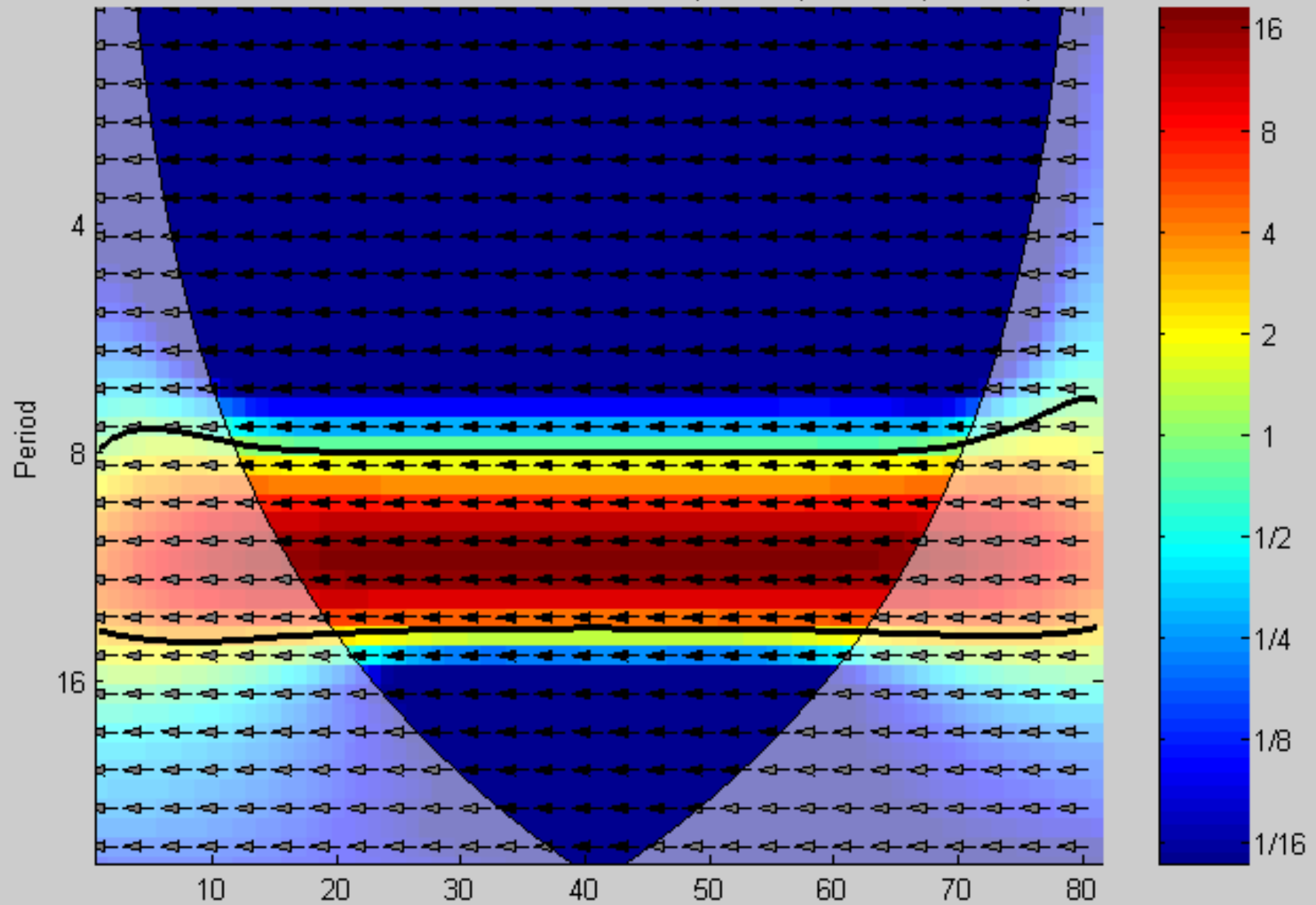
Расчет вейвлет - коэффициентов

$$W^{xy} = W^x W^y *$$

Фазовые стрелки

-  : колебания находятся в фазе
-  : колебания находятся в противофазе
- : ряд X опережает ряд Y на 90°
- : ряд Y опережает ряд X на 90°

Cross-Wavelet Transform $X=\sin(2\pi t/11)$, $Y=-\sin(2\pi t/11)$



Район

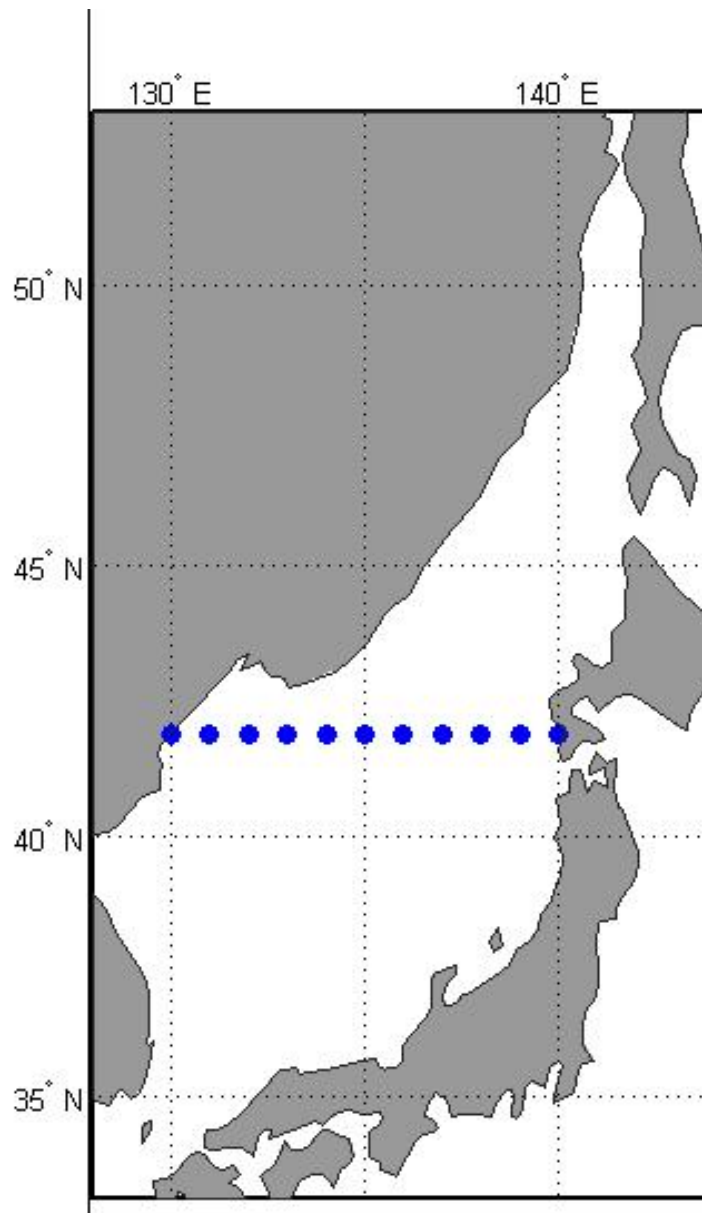
ИССЛЕДОВАНИЙ

Японское море.

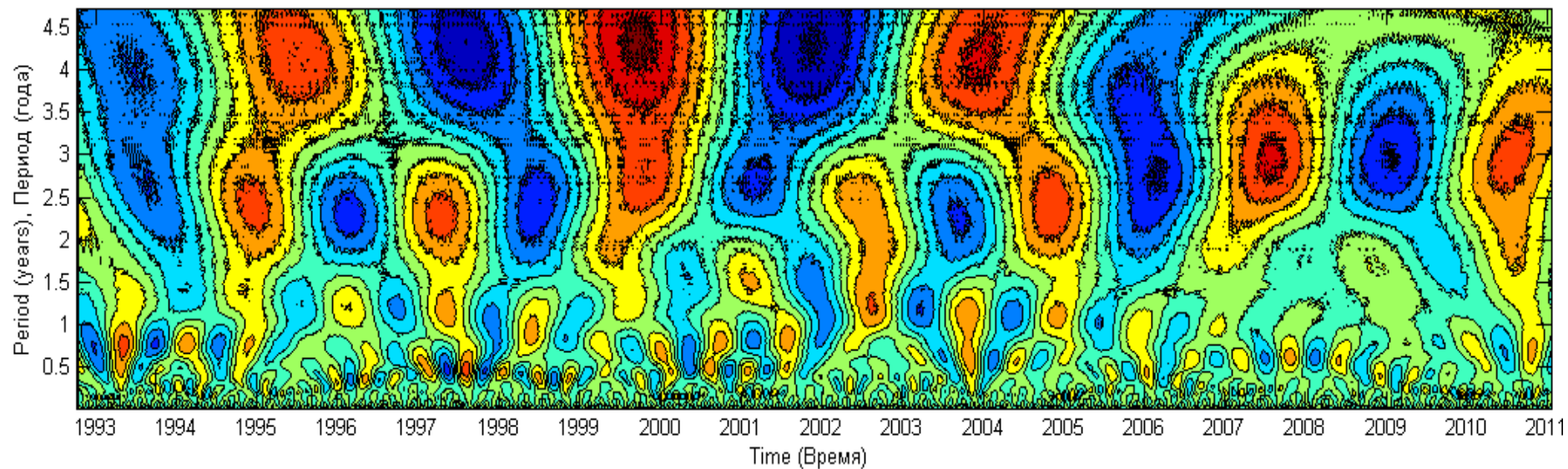
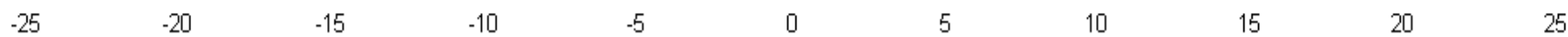
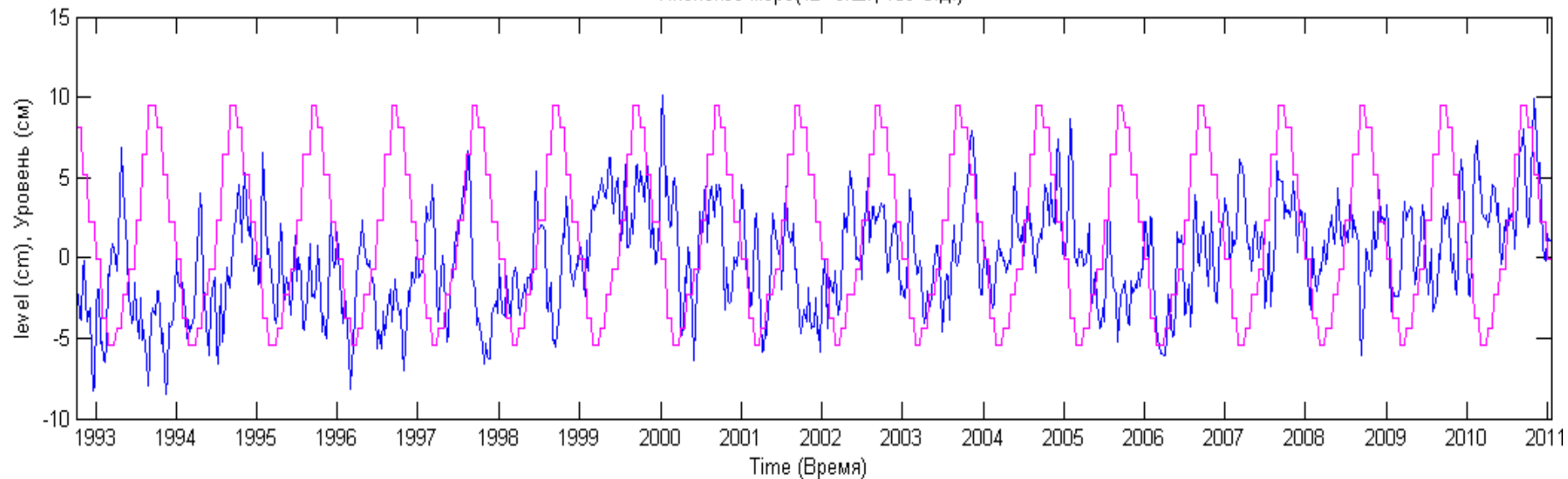
Сетка альтиметрических измерений аномалий уровня ($1/3^\circ$ на $1/3^\circ$).

1992.10.14 – 2011.01.19
(дискретность 7 дней)

Зональный разрез
(42° с.ш.- )



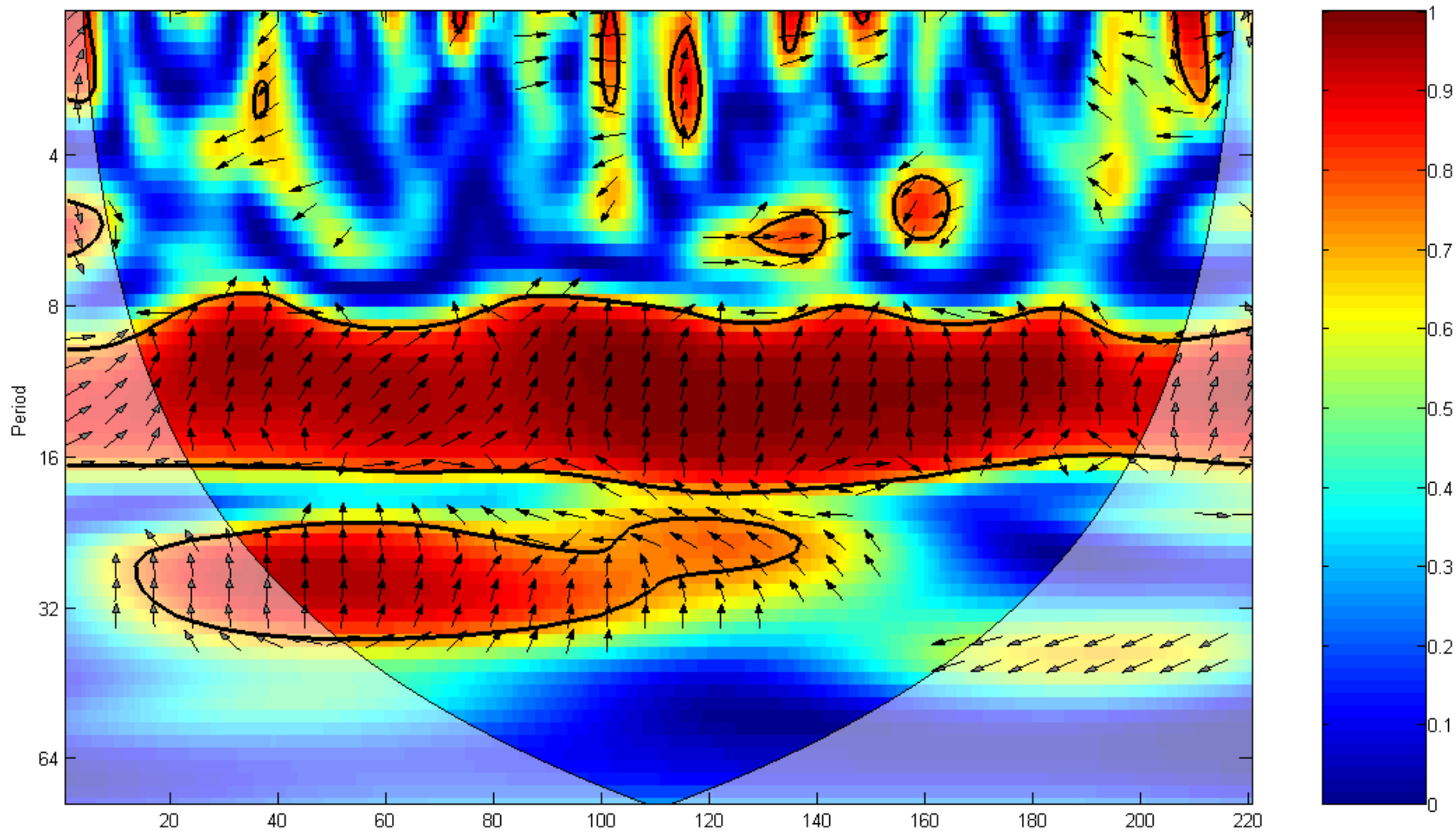
Японское море(42° с.ш., 139°в.д.)



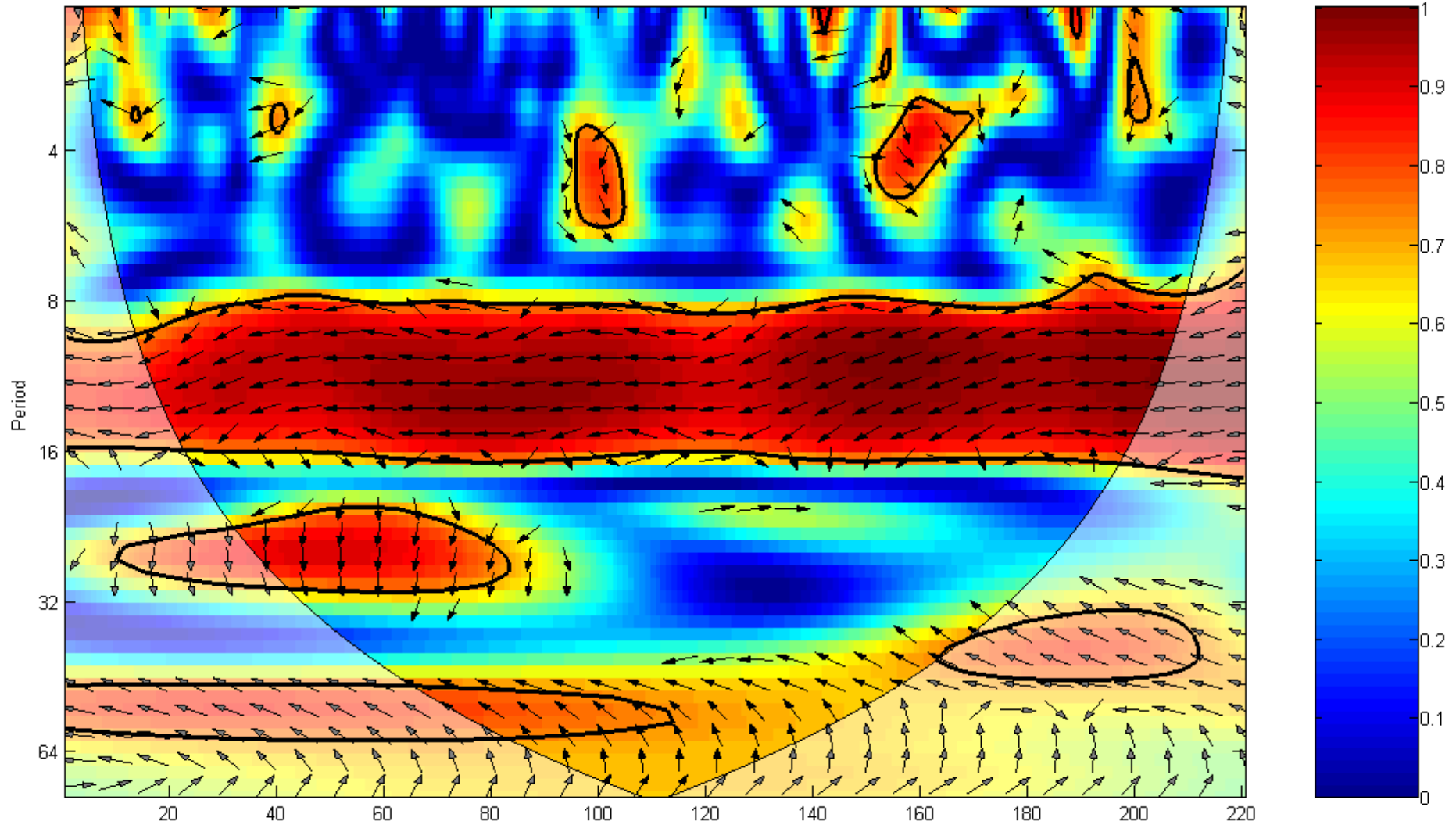
Гидрометеорологические индексы

	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
MEI	-0.1298	-0.1524	-0.113	-0.1129	-0.1466	-0.1469	-0.1333	-0.1467	-0.1544	-0.1107	-0.1209
Nino1	-0.624	-0.5748	-0.6248	-0.6038	-0.5593	-0.605	-0.6235	-0.6379	-0.5974	-0.5269	-0.7339
Nino4	0.0242	-0.0307	0.0669	0.1047	0.0399	0.0765	0.0953	0.0624	0.064	0.0619	0.0807
QBO	-0.0714	-0.1418	-0.1619	-0.1808	-0.1586	-0.1334	-0.0975	-0.097	-0.0826	-0.0593	-0.0608
PDO	-0.3326	-0.3282	-0.2952	-0.3048	-0.3685	-0.3787	-0.3704	-0.3647	-0.362	-0.3236	-0.3647
WP	-0.0137	0.0599	-0.0042	-0.0153	0.0034	-0.0143	-0.0109	-0.0161	-0.0131	-0.0172	-0.0539
NP	-0.0048	-0.0063	0.1942	0.2399	0.1419	0.1141	0.1509	0.1538	0.1219	0.2264	0.1697
TNI	-0.0312	0.0287	-0.0246	-0.082	-0.0496	-0.1127	-0.1182	-0.0777	-0.0982	-0.0609	-0.0758
PNA	0.1823	0.1788	0.2065	0.1901	0.1714	0.161	0.1491	0.1458	0.1378	0.0921	0.1272
SOI	0.0653	0.1166	0.0746	0.0719	0.0996	0.0845	0.0615	0.0811	0.0806	0.0731	0.0473
NOI	0.1307	0.1919	0.1705	0.1863	0.2165	0.2089	0.196	0.1825	0.1766	0.1294	0.0905
GLAAM	-0.1102	-0.1611	-0.2026	-0.2274	-0.2165	-0.2097	-0.1911	-0.1951	-0.1854	-0.1983	-0.1583

Индекс Северо-тихоокеанского колебания



Индекс Niño 1



Основные результаты

- Выделены основные энергонесущие колебания с периодами 0,5, 1, 2,5 и 4 года.
- Динамическая составляющая колебаний уровня Японского моря тесно связана с полем давления над Тихим океаном (индекс NP)
- Процессы, связанные с явлением Эль-Ниньо, затрагивают все выделенные масштабы изменчивости уровня
- Аппарат вейвлет-когерентности позволяет получить достоверные данные в области фазовых сдвигов исследуемых процессов с учетом нестационарности

Основные источники информации

- A. Grinsted, J. C. Moore and S. Jevrejeva - "Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series" *Nonlinear Processes in Geophysics* (2004) 11: 561–566
- SSALTO/DUACS User Handbook: (M)SLA and (M)ADT Near-Real Time and Delayed Time Products//Issue : 2rev 4, Date : 2011/03/29
- Белоненко Т.В., Колдунов В.В., Старицын Д.К., Фукс В.Р., Шилов И.О. 2009. "Изменчивость уровня Северо-западной части Тихого океана". Издательство СММО-ПРЕСС, СПб, 309 с.
- В.П. Дьяконов – «Вейвлеты. От теории к практике», «Солон-Р», Москва, 2002 г.
- Edward N. Lorenz – "The interaction between a mean flow and random disturbances", Massachusetts Institute of Technology, Manuscript, October 7, 1952
- В.П. Старр – «Физика явлений с отрицательной вязкостью», издательство «Мир», Москва, 1971 г.
- www.aviso.oceanobs.com/ - Банк альтиметрических данных
- <http://www.pol.ac.uk/> - пакет «взаимный вейвлет-анализ и вейвлет-когерентность»

Спасибо за внимание.
