

Внутригодовые колебания уровня северо-западной части Японского моря

Трусенкова О.О.¹, Лобанов В.Б.¹, Примачев Е.В.²

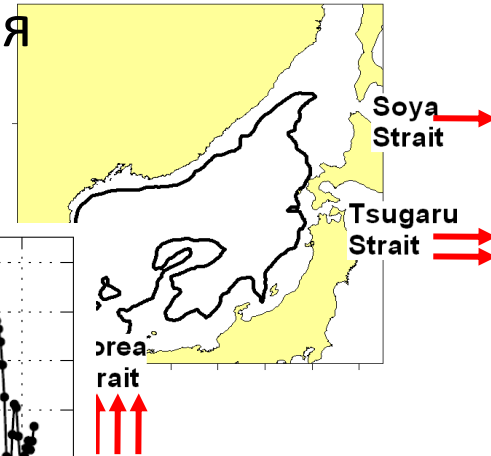
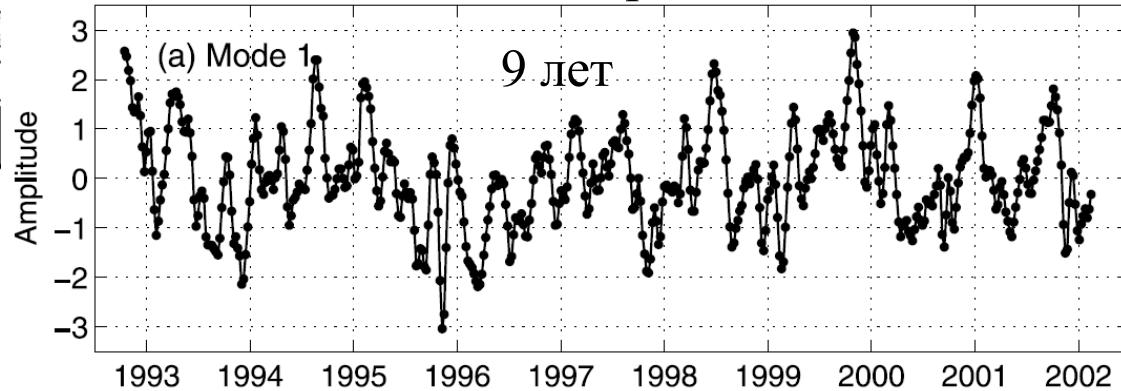
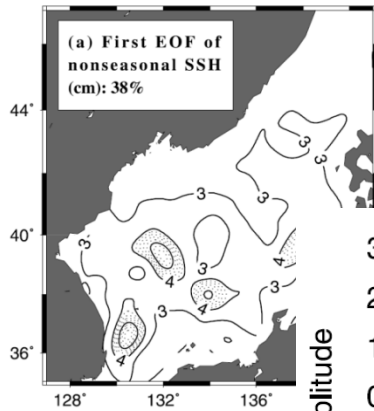
¹Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток

²Департамент Росгидромета по ДФО, Хабаровск

«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ»
(МСОИ-2021), г. Москва, 18-20 мая 2021 г.

Введение: внутригодовые колебания уровня Японского моря

Южная часть моря (Choi et al., 2004)



Колебания с периодами 80, 100 и 150 дней и амплитудой до 10 см и выше, связанные с прохождением баротропных возмущений, входящих в море в Корейский пролив и выходящих через проливы Сангарский и Лаперуза (спектры Фурье; Choi et al., 2004).

Колебания на основе анализа внутригодовых гармоник: двухмесячные (Старицын, Фукс, 2003); полугодовые (Колдунов и др., 2007).

Полугодовые колебания, связанные с изменениями циркуляции вод в западной части моря под воздействием ветра (Трусенкова, 2012; Трусенкова, Каплуненко, 2013).

Цель работы

Анализ внутригодовой изменчивости уровня моря
в северо-западной части Японского моря

Данные

Ssalto/Duacs (AVISO), версия 2014 г., 1993 –2015 гг., $1/4^\circ$, 2 спутника.

Ежедневные аномалии уровня Японского моря (35.5° – 48° с.ш, 127.5° – 142° в.д.).

Внутригодовые аномалии: высокочастотная фильтрация на основе вейвлет-преобразования, материнский вейвлет DOG-9, период отсечения 200 сут.

Аномалии уровня моря по данным ГМС на открытом побережье Приморского края: Преображение, Рудная Пристань и Сосуново.

Период измерений:

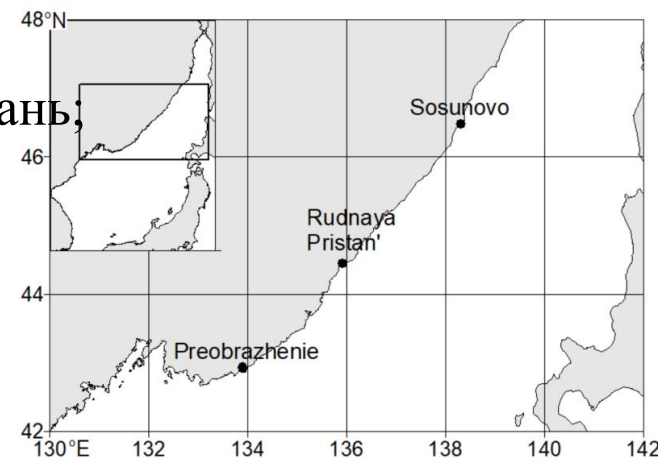
1 января 2010 г. – 18 февраля 2016 г. (6+ лет)

(2240 суток) на ГМС Преображение и Рудная Пристань;

19 мая 2012 г. – 18 февраля 2016 г. (4.5 года)

на ГМС Сосуново.

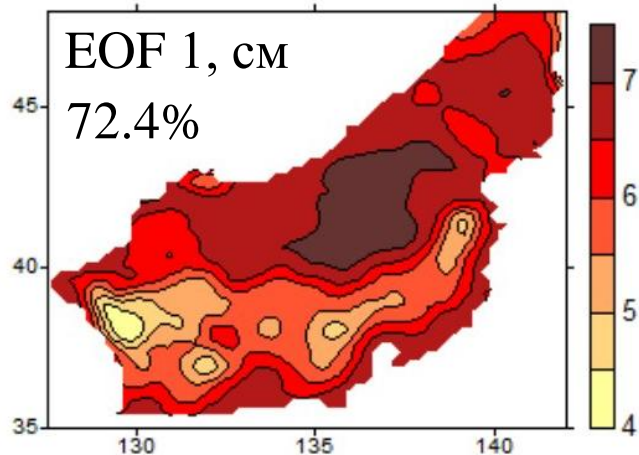
Дискретность используемых данных – 2 час.



Методы

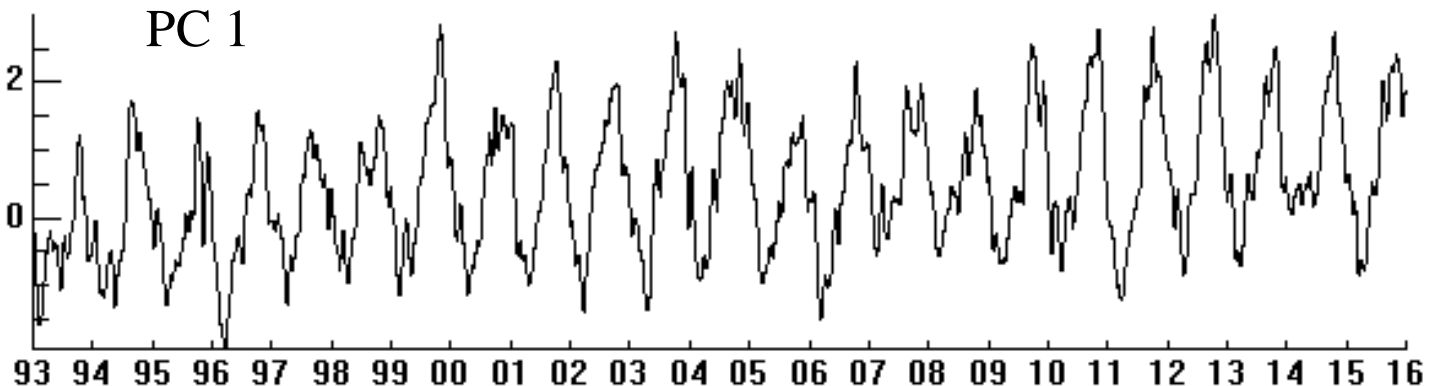
- ЭОФ-анализ нормированных (на локальное СКО) данных;
- Вейвлет-преобразование, материнский вейвлет DOG-9 (хорош для выделения нерегулярных колебаний) – оценка масштабов изменчивости и фильтрация данных.

Синфазные колебания уровня Японского моря



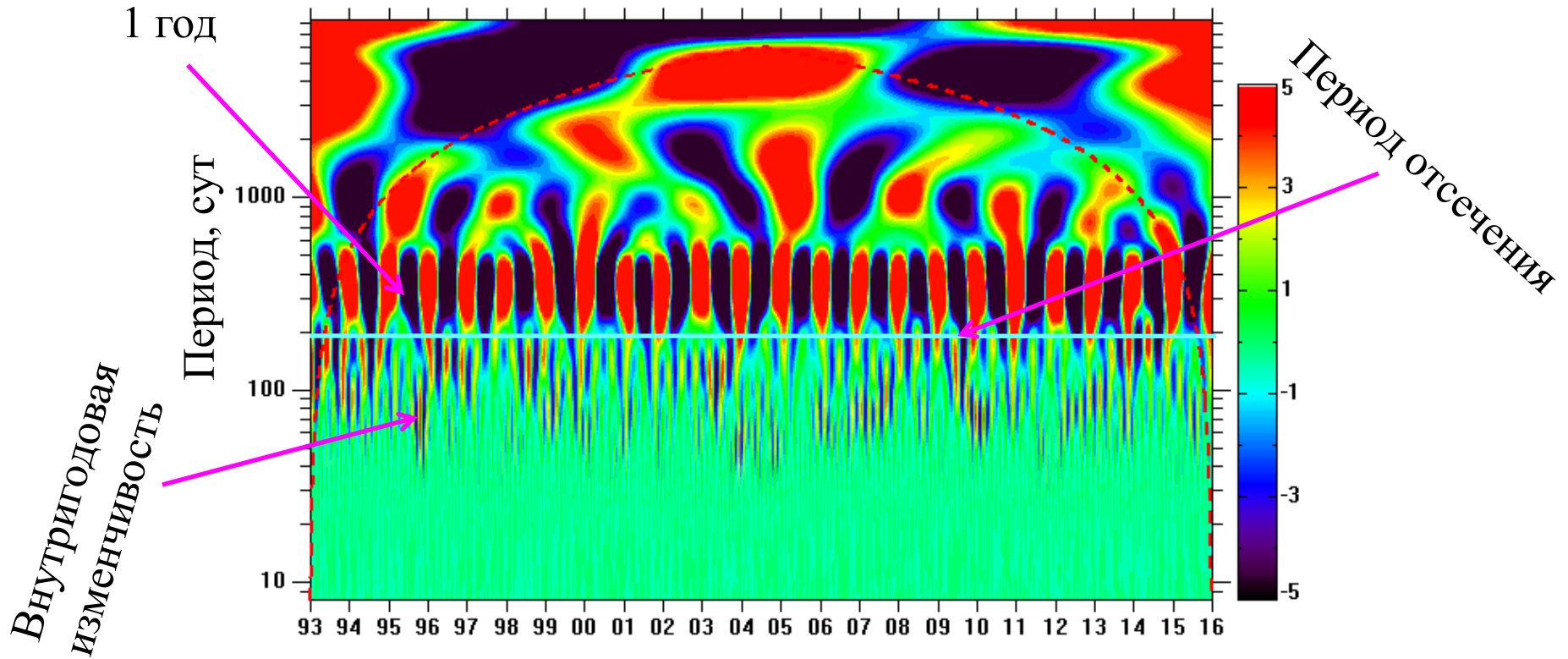
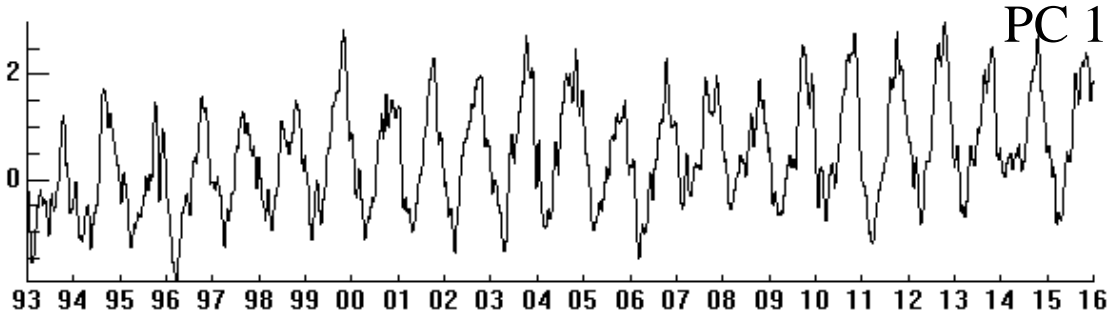
EOF 1 положительна на всей акватории → синфазные колебания, наиболее интенсивны (относительно локального фона) в СЗ части моря.

Хорошо известный интенсивный годовой ход (март – октябрь), главным образом за счет стерического фактора, также межгодовая и внутригодовая изменчивость.



Квазидвухлетняя, межгодовая, квазидесятилетняя изменчивость и тренды исследовались ранее (Kang et al., 2005; Колдунов и др., 2007; Marcos et al., 2012; Трусенкова, Каплуnenко, 2013; Трусенкова, 2018).

WT, DOG-9



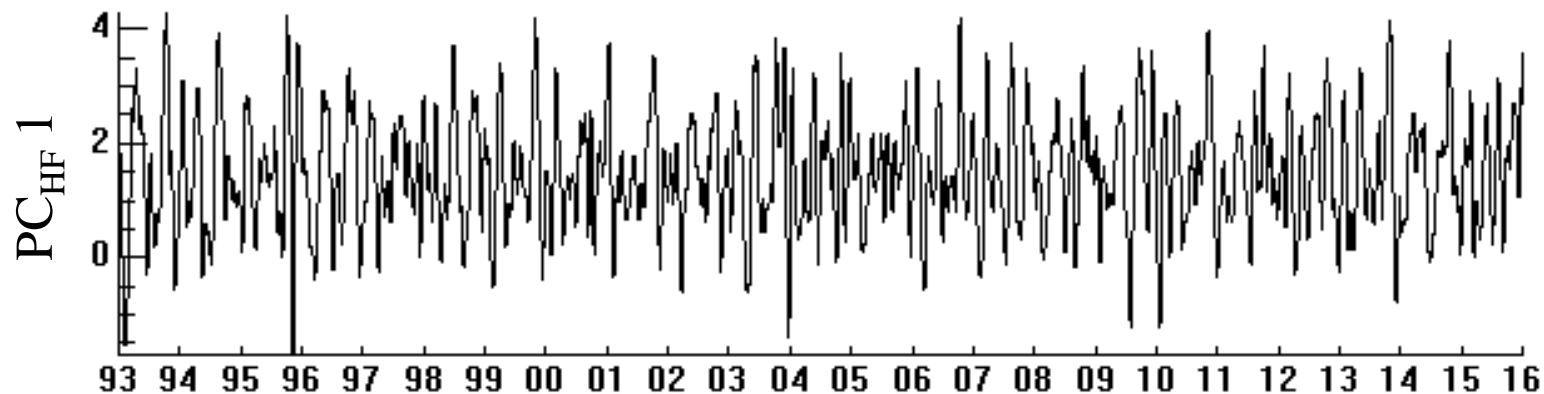
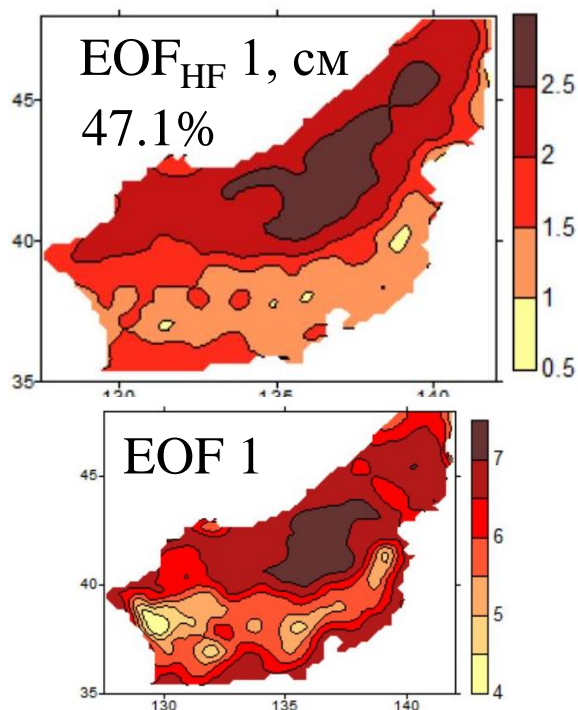
Квазидвухлетняя, межгодовая, квазидесятилетняя изменчивость и внутригодовая изменчивость

Высокочастотные синфазные колебания

Высокочастотная вейвлет-фильтрация,
с периодом отсечения $T = 200$ сут.

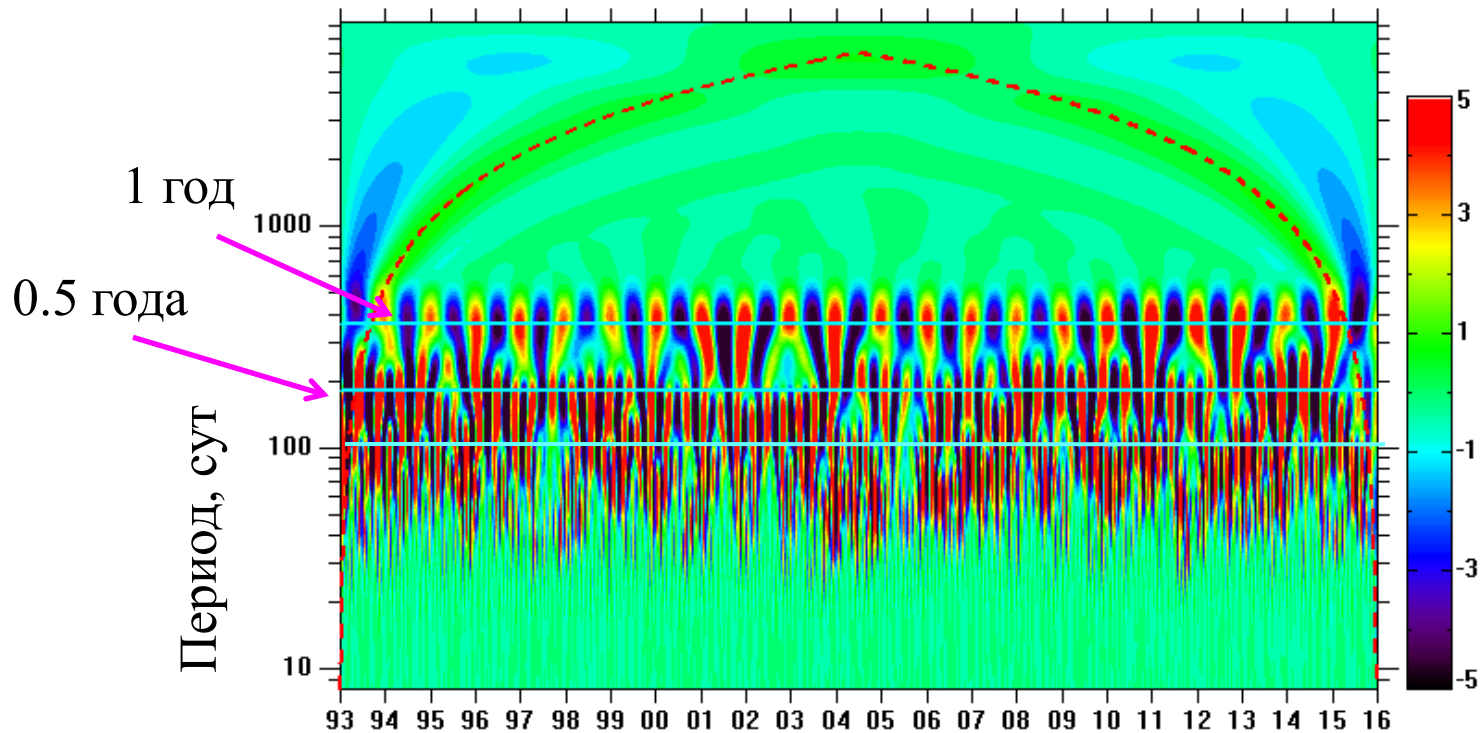
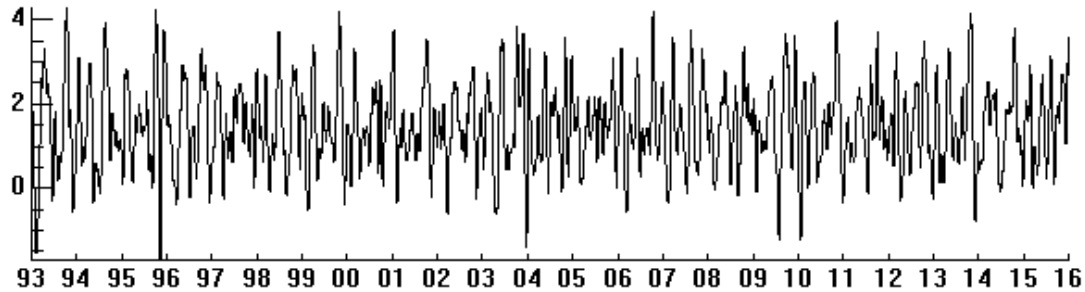
ЭОФ_{HF} 1 положительна на всей акватории →
синфазные колебания, наиболее интенсивны
(относительно локального фона) в СЗ части моря.
Годовой ход устранен → изменчивость за счет
дисбаланса в проливах.

Сходство пространственных EOF 1 и EOF_{HF} 1: в
СЗ части моря аномалии в 2–2.5 раз интенсивнее.



WT, DOG-9

PC_{HF} 1

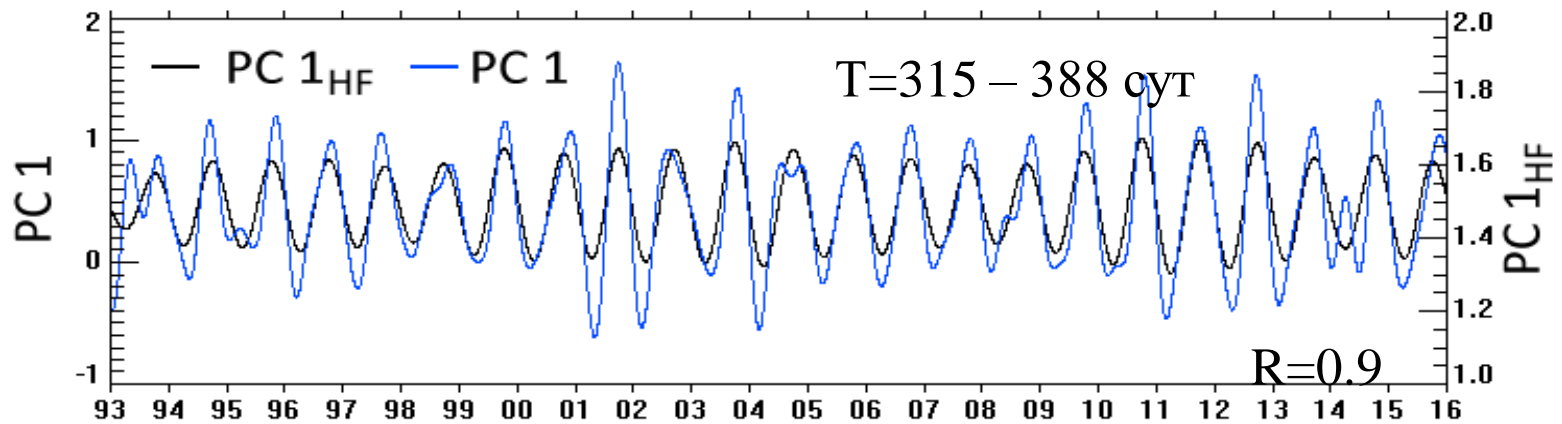
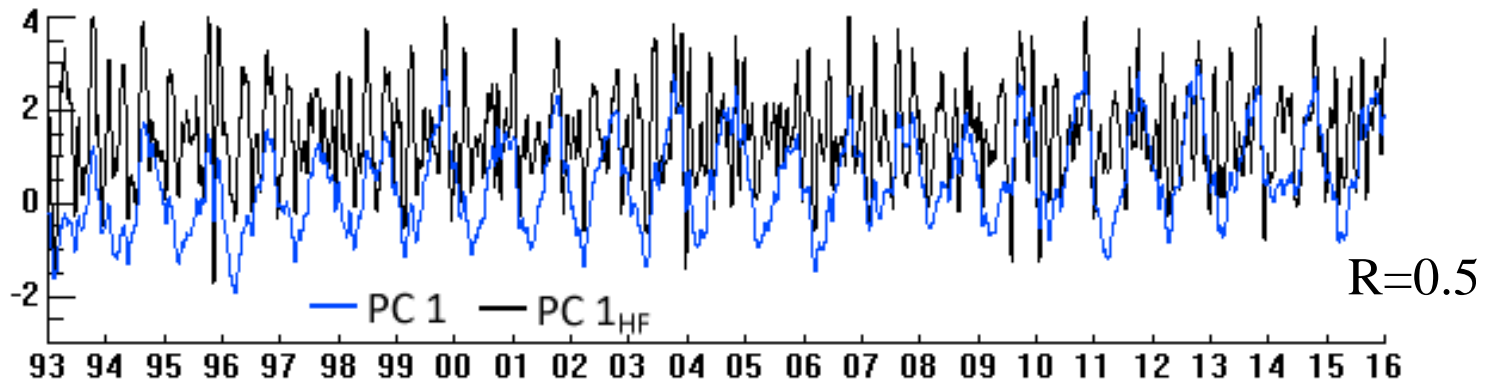


Хорошо выраженный годовой ход, в фазе с PC 1, $R=0.5$.

Полугодовые колебания только в 1993, 2004–2005, 2008–2009, 2013–2014.

Большую часть времени: разрыв в колебаниях на периоде ~ 100 сут.

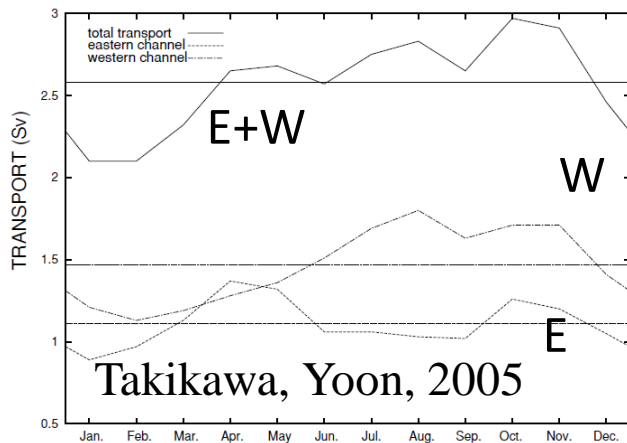
Колебания на годовом масштабе



Высокочастотные колебания усиливаются при сезонном повышении уровня моря (октябрь) и ослабляются при понижении (март).

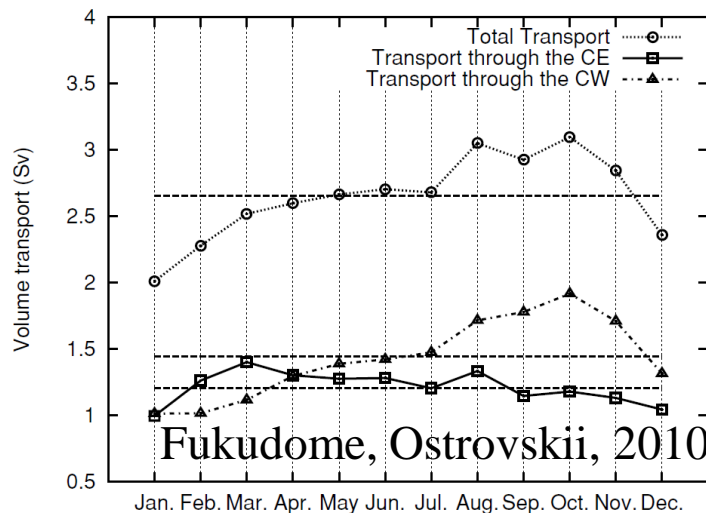
Циркуляция в море в целом интенсифицируется в теплый сезон, ослабляется в холодный, с экстремумами в октябре и марте (Трусенкова, Каплуненко, 2013)
→ связь внутригодовых колебаний уровня моря с динамическими процессами?

Среднемноголетний расход воды в Корейском проливе



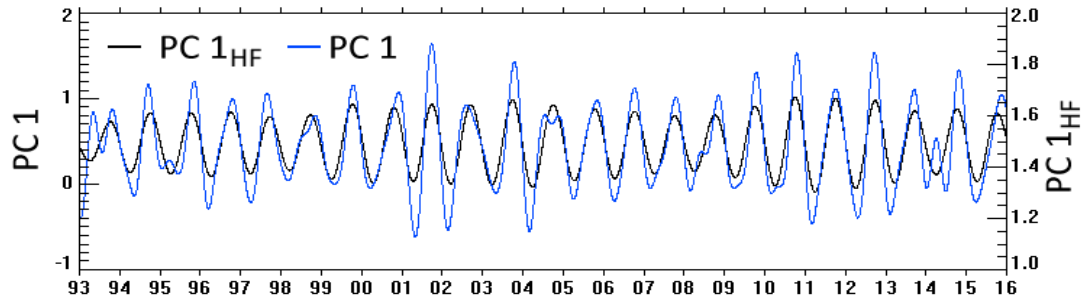
Январь – февраль/
октябрь – ноябрь
(по разности уровня моря
за 37 лет)

through
ed f
1: G



Январь /
август – октябрь
(по измерениям ADCP, паром за 7 лет)

Не только расход, но и
теплообмен с атмосферой
(стерический фактор) –
в годовом ходе самого уровня и
интенсивности циркуляции вод и
внутригодовых колебаний.



Октябрь/март

Спектр расхода воды в Корейском проливе: внутригодовые колебания

РС_{HF} 1: Полугодовые колебания только в
отдельные годы.

Большую часть времени: разрыв в
колебаниях на периодах ~200 и 100 сут.

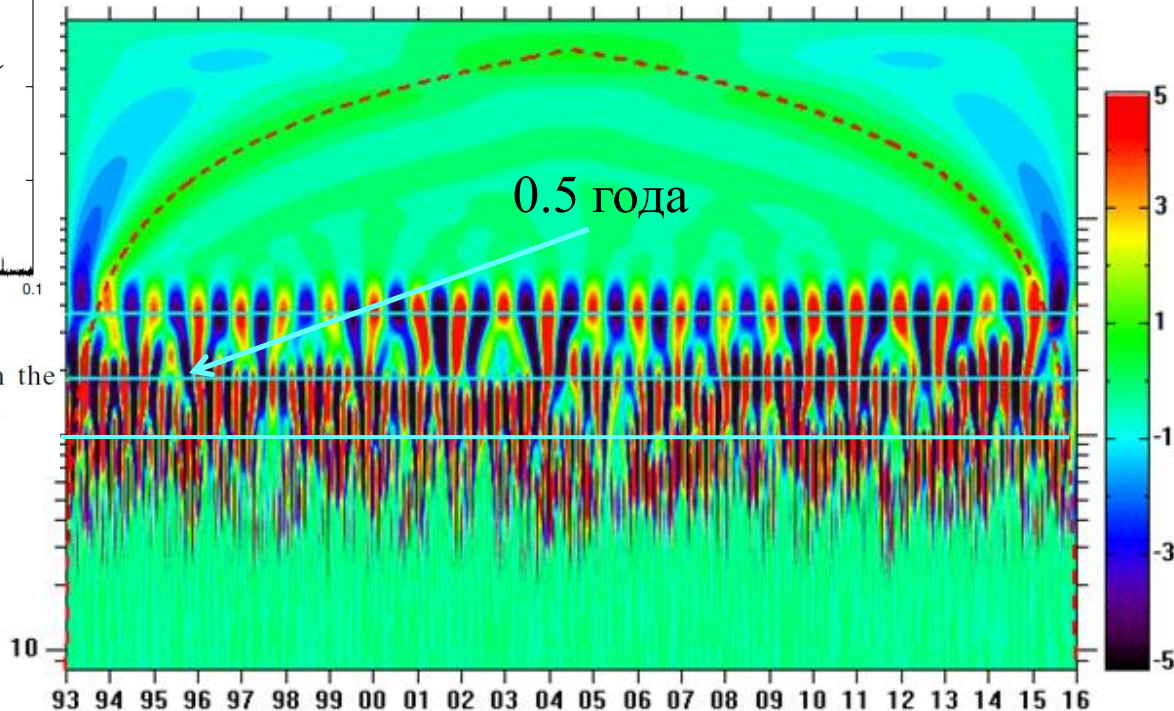
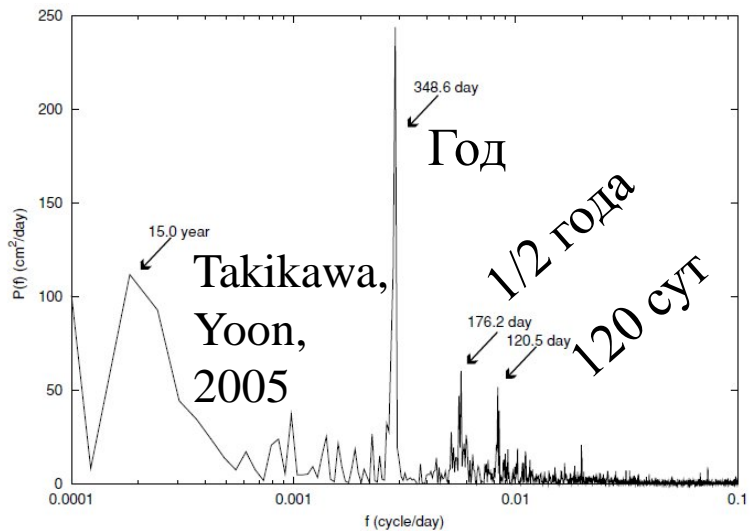


Fig. 15. Spectra of the total volume transport through the Tsushima Straits estimated from sea level differences.

1965-2001, Takikawa, Yoon, 2005

Спектральный максимум
на масштабе 64 сут
(Островский и др., 2009)

Реальное разрешение спутниковых данных:
от 10 до 35 сут. (система 2х спутников)

Для анализа короткопериодных колебаний
рассматриваются данные на ГМС с хорошим временным
разрешением

Данные об уровне моря на ГМС Приморского края

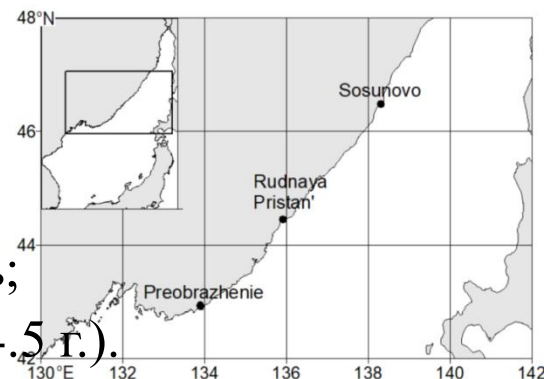
ГМС Преображение (PR), Рудная Пристань (RP) и Сосуново (SOS) на открытом побережье Приморского края.

Датчики Aanderaa, период измерений:

1 января 2010 г. – 18 февраля 2016 г. (6 лет)

(2240 суток) на ГМС Преображение и Рудная Пристань;

19 мая 2012 г. – 18 февраля 2016 г. на ГМС Сосуново (4.5 г.).



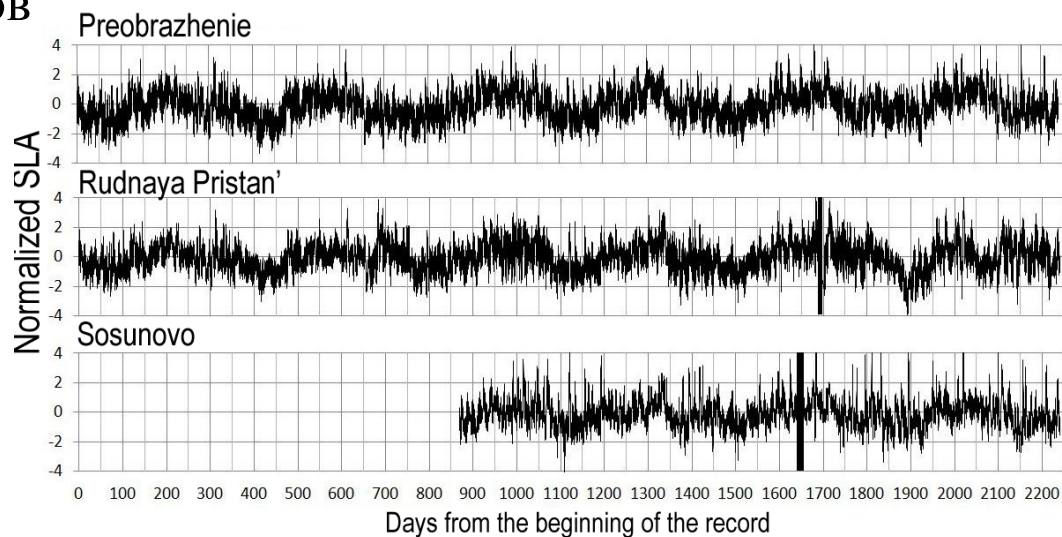
Пропуски несколько часов; длительные пропуски (2 недели):

Рудная Пристань: 15–30 августа 2014 г., Сосуново: 30 июня – 15 июля 2014 г.

Линейная интерполяция пропусков
и осреднение за 2 часа.

Анализ аномалий,
нормированных
на СКО.

Здесь и далее: черными полосами
показаны пропуски в данных

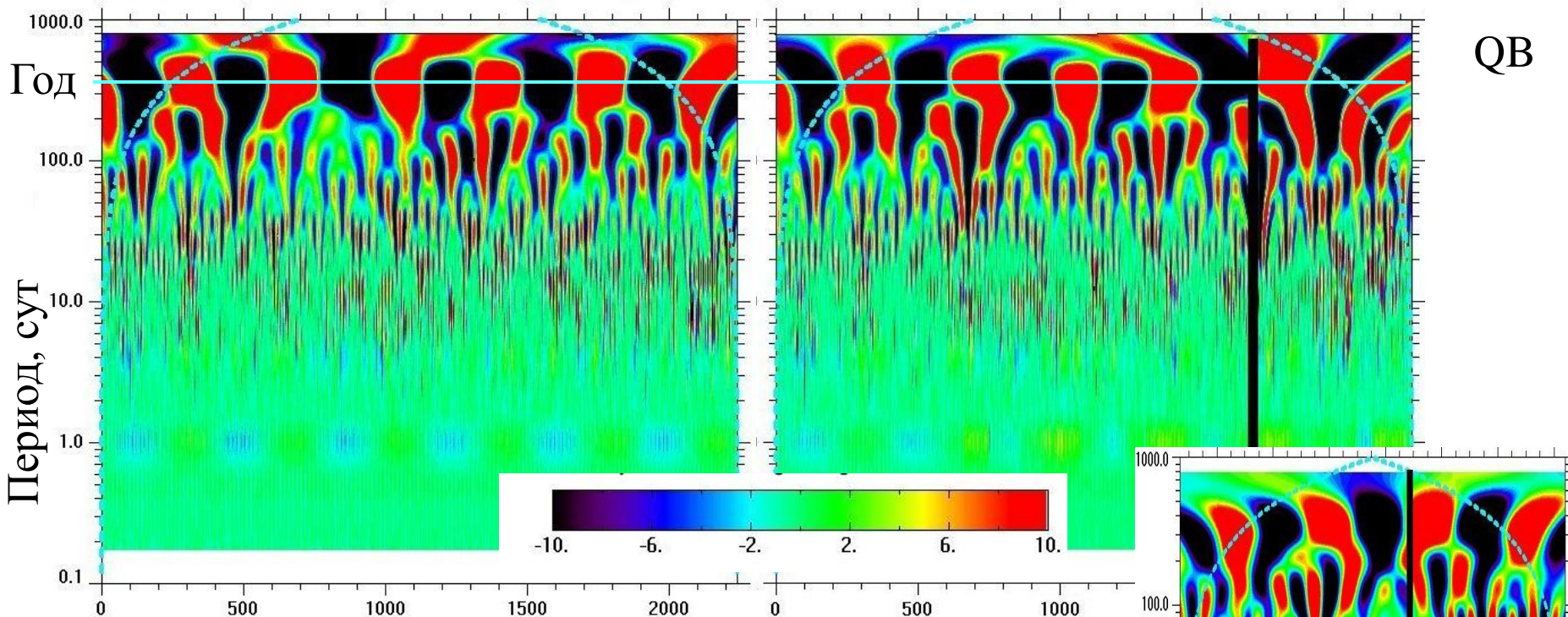


Преобразование

WT

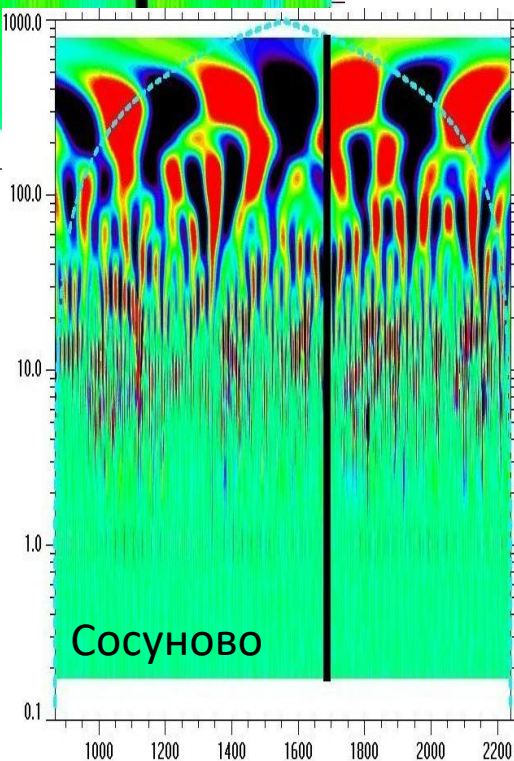
Рудная Пристань

QB

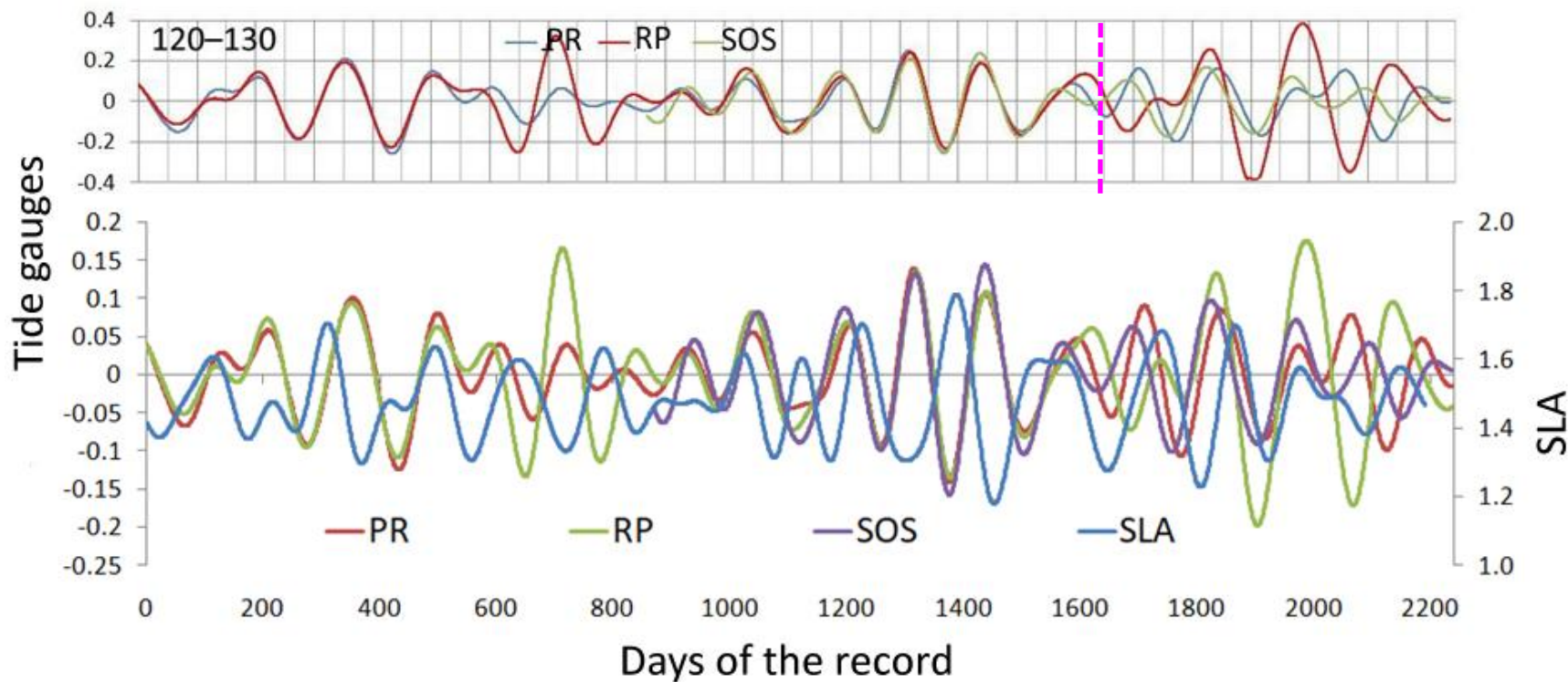


Годовые экстремумы разделяются на три
(иногда два), а те еще на два $\rightarrow T = 120 - 130,$
 $70 - 80$ сут.

1 января 2010 г. – 1-е сут,
19 мая 2012 г. – 870-е сут,
18 февраля 2016 г. – 2240-е сут.

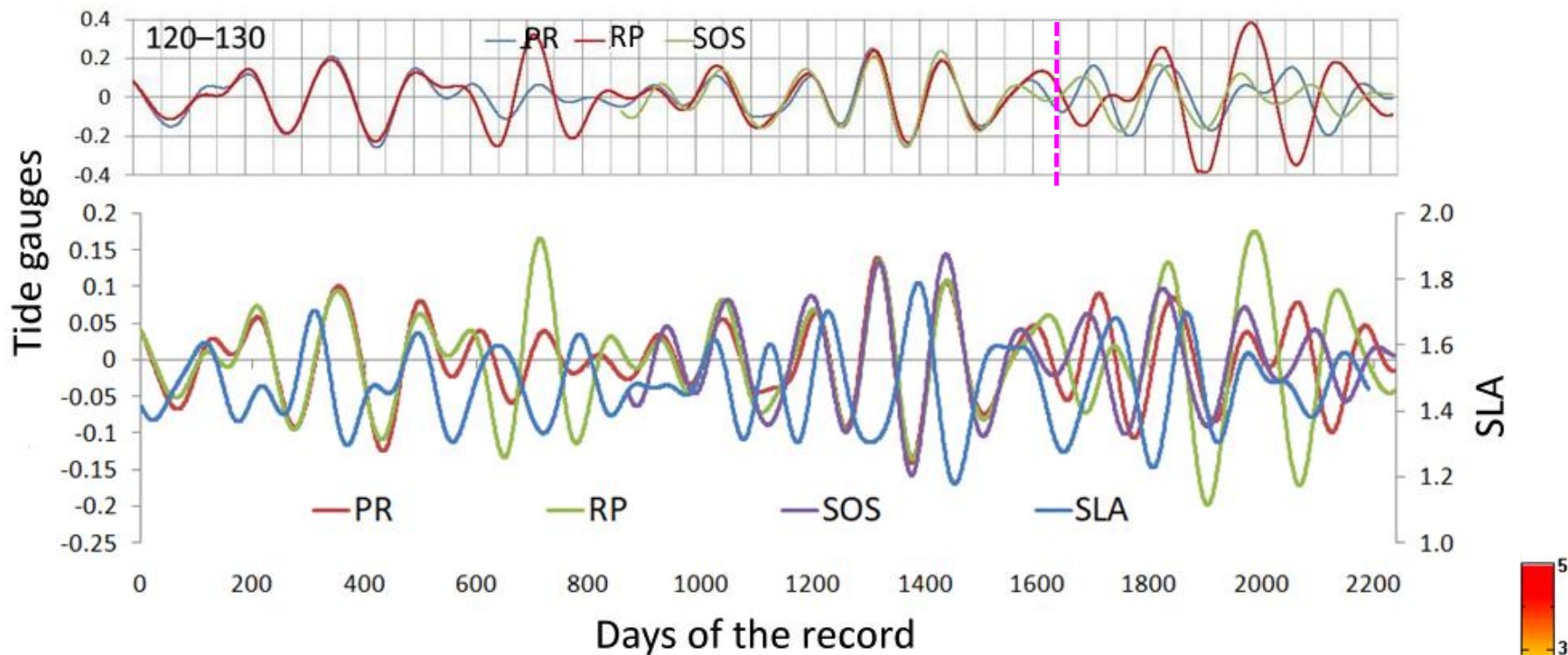


Изменчивость в диапазоне 120 – 130 сут (полосовая фильтрация)



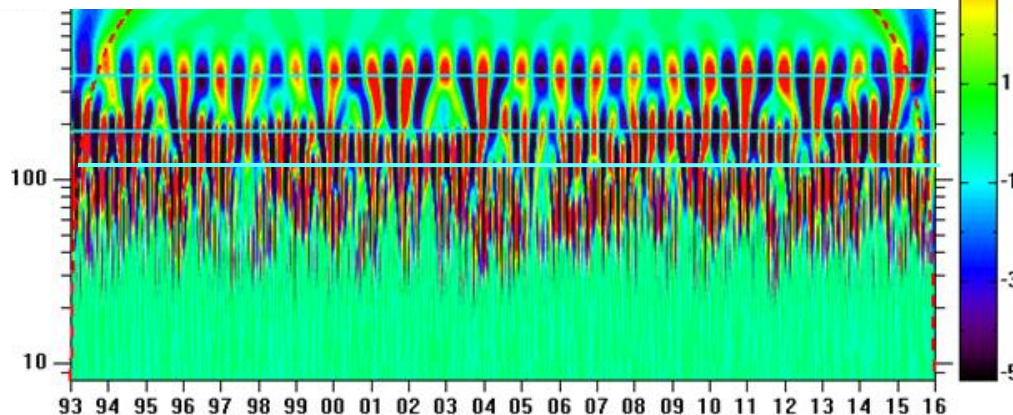
До апреля 2014 г. аномалии на трех станциях близки ($R=0.56-0.80$).

Изменчивость в диапазоне 120 – 130 сут (полосовая фильтрация)

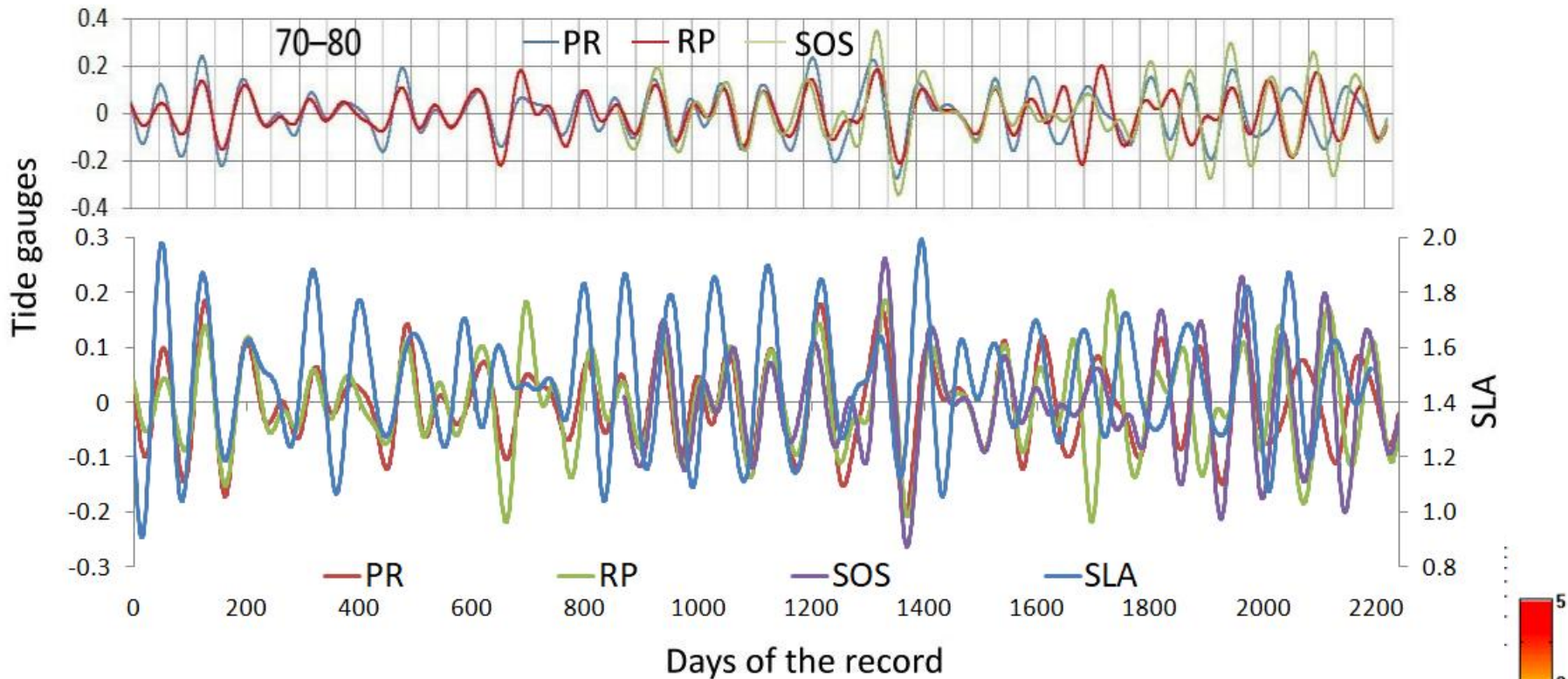


До апреля 2014 г. аномалии на трех станциях близки ($R=0.56-0.80$).

У РС_{HF} 1 другая изменчивость – WT близка к нулю на 100 сут.

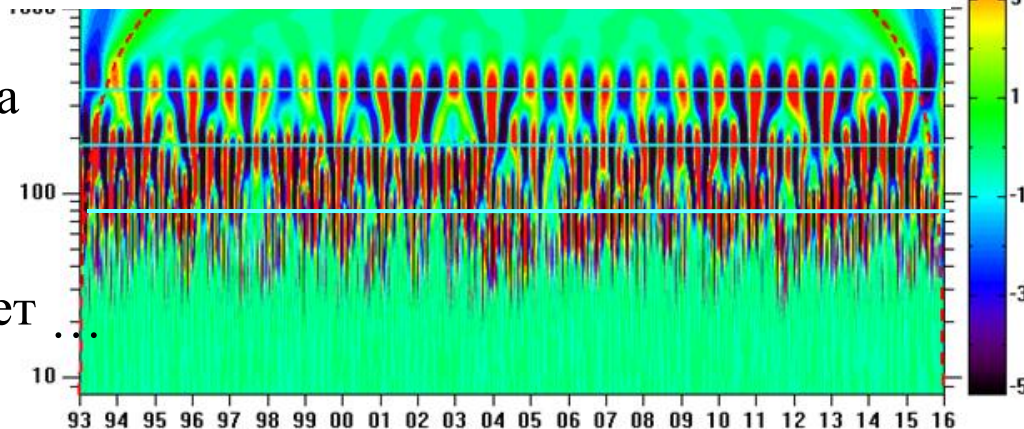


Изменчивость в диапазоне 70 – 80 сут



Большую часть времени аномалии на трех станциях близки.

При сильных аномалиях PC_{HF} 1 имеет сходную изменчивость.



Обсуждение

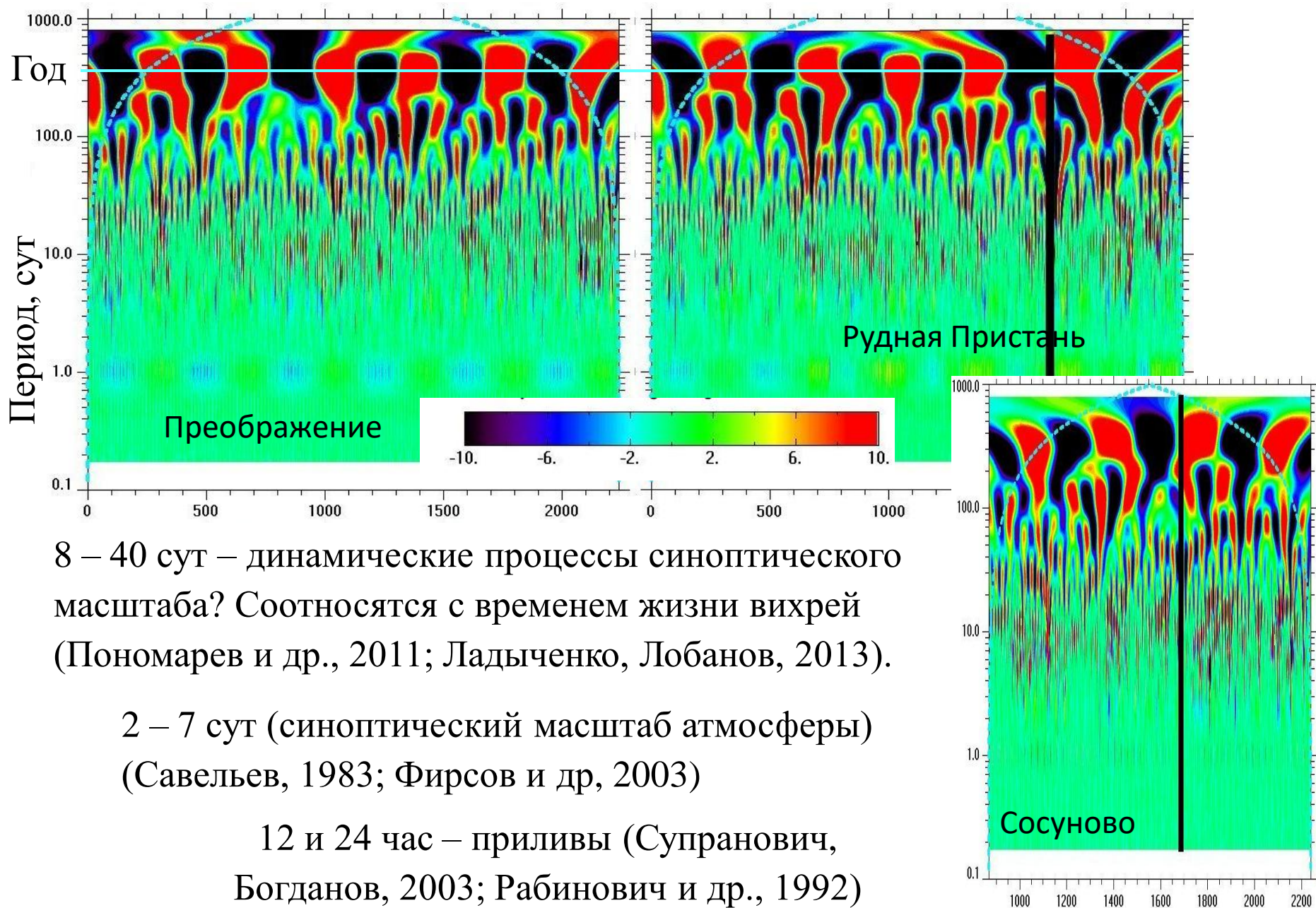
Сходство аномалий на трех ГМС: их нельзя связать с перемещением вдоль берега. Расхождение с апреля 2014 г. – ?

80 – 110 сут – наиболее мощный масштаб изменчивости T и N в районе Преображения по данным профилографа «Аквалог» (полгода измерений в апреле – октябре 2015 г.) (Трусенкова и др., 2018-2021).

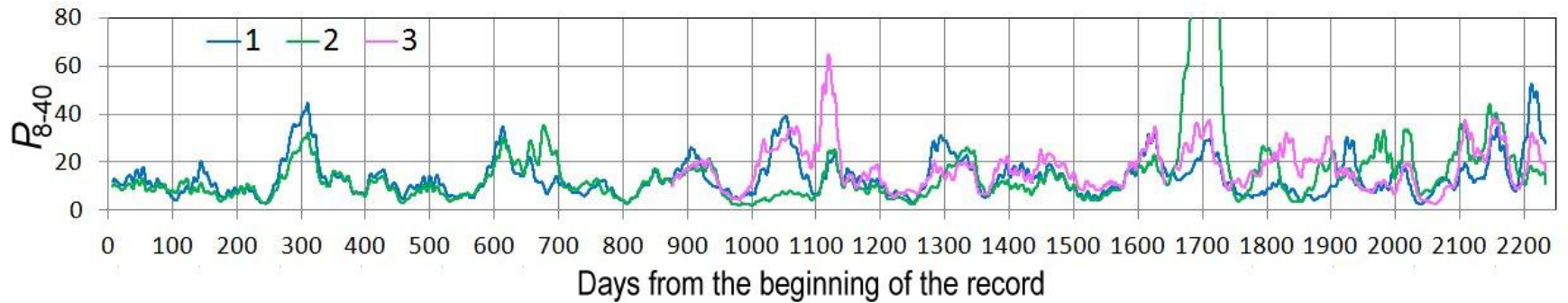
В спектре расхода воды в Корейском проливе пик 120 сут (за 37 лет, 1965–2002 гг., Takikawa, Yoon, 2005), но изменчивость синфазной $PC_{HF} 1$ в диапазоне 120 – 130 сут слабая.

Интенсивная изменчивость синфазной $PC_{HF} 1$ на масштабе 70–80 сут., в спектре расхода воды в Корейском проливе пик 64 сут (за 7 лет, 1997–2004 гг., Островский и др., 2009).

Другие масштабы изменчивости уровня моря по данным ГМС

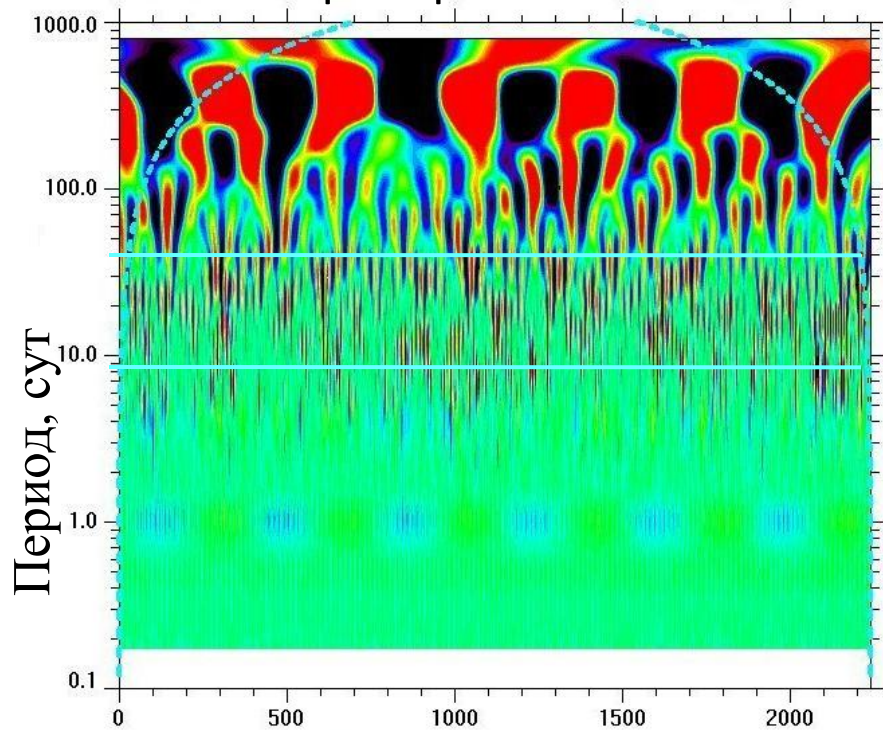


Интегральная мощность WT спектра в диапазоне 8–40 сут

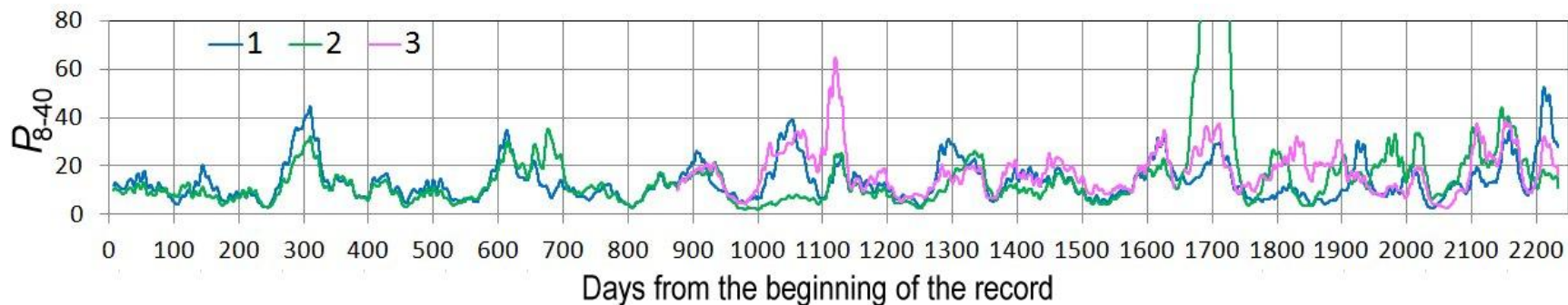


Большую часть времени сходная изменчивость для трех станций.

Преобразование

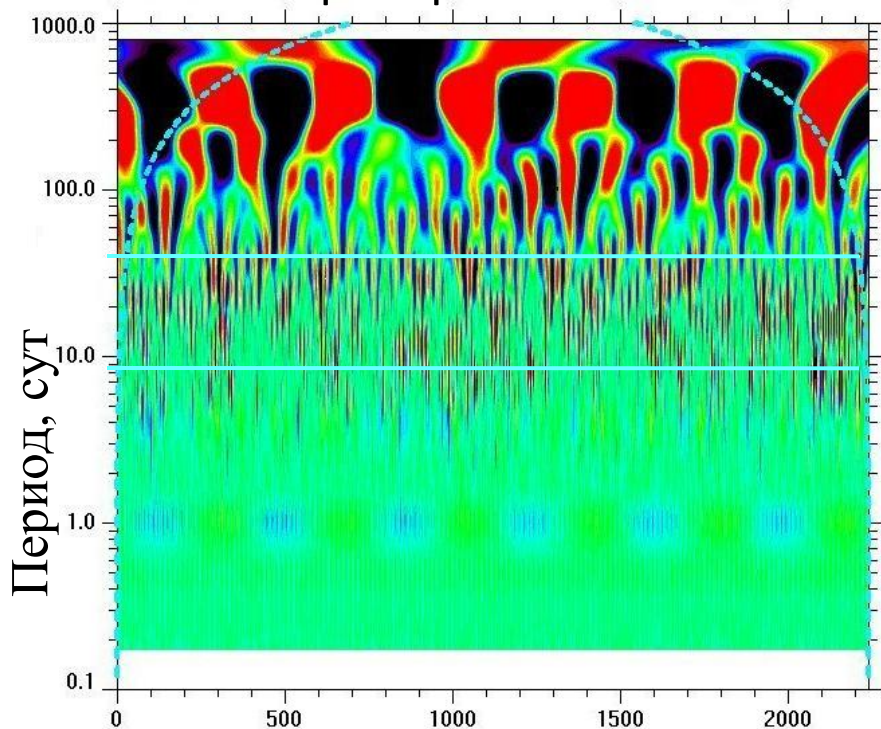


Интегральная мощность WT спектра в диапазоне 8–40 сут

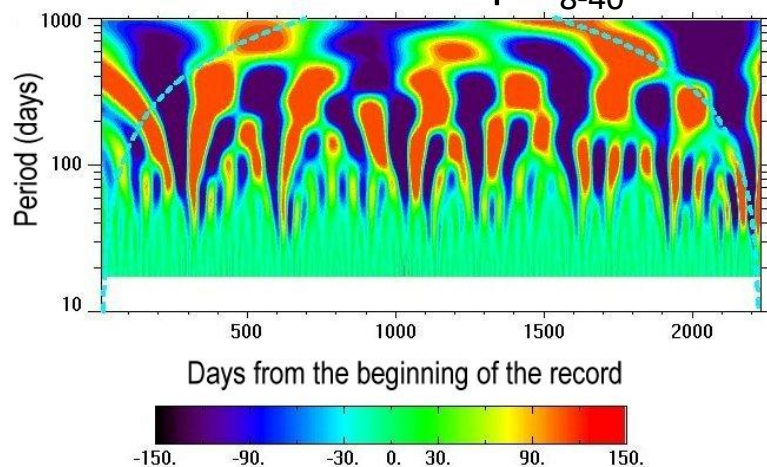


Большую часть времени сходная изменчивость для трех станций.

Преобразование



WT спектр P_{8-40}



70–80, 120–130 сут, 1 год, QV – те же масштабы изменчивости, что и у уровня моря.

Выводы

Внутригодовые ($T < 200$ сут) колебания уровня Японского моря, синфазные на всей акватории, усиливаются при сезонном повышении уровня моря (октябрь) и ослабляются при понижении (март). Эти колебания можно связать с дисбалансом расходов воды в проливах и/или с сезонными изменениями интенсивности циркуляции вод.

Синфазные колебания уровня Японского моря на масштабе 70–80 сут соответствуют аналогичным колебаниям уровня прибрежной зоны СЗ части моря.

По данным ГМС зарегистрированы колебания уровня прибрежной зоны северо-западной части Японского моря на масштабе 120–130 сут, которые были синфазны в период с января 2010 г. по апрель 2014 г., но не имеют сходства с синфазными колебаниями уровня всего Японского моря.

Интенсивность колебаний уровня моря по данным ГМС на масштабах 8–40 сут, которую можно связать с интенсивностью динамических процессов синоптического масштаба, изменяется на годовом, квазидвухлетнем, 120–130- и 70–80-суточном масштабах.

Ошибки данных

Данные альтиметрии

Средние ошибки 4 в субарктической и 5.5 см в субтропической частях моря.

Снижение ошибки в $(N^*)^{1/2}$ раз при разложении на ЭОФ (Preisendorfer, 1988).

Число степеней свободы $N^* = 23$, ошибки составляют 0.8 и 1.2 см.

EOF ~ 1 – 2.5 см, PC $\geq 1 \rightarrow$ аномалии уровня моря превышают ошибки.

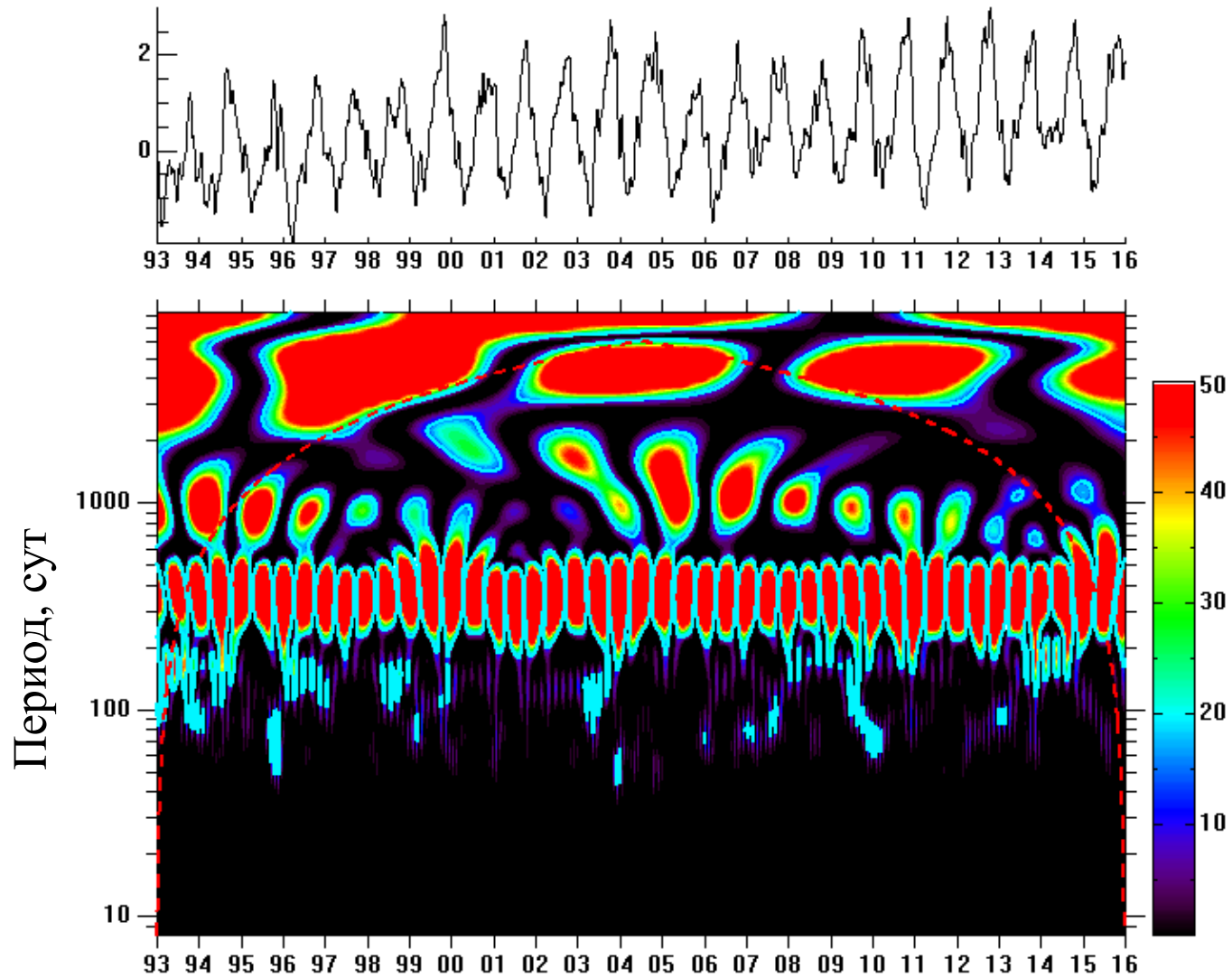
Данные Aanderaa

Случайная ошибка – 0.01 % диапазона измерений, т.е. 0.4 мм.

С учетом систематической ошибки за счет возможного дрейфа датчиков (по результатам Míguez et al., 2012) и осреднения ежечасных данных до 2 часов, ошибка равна 0.45 см.

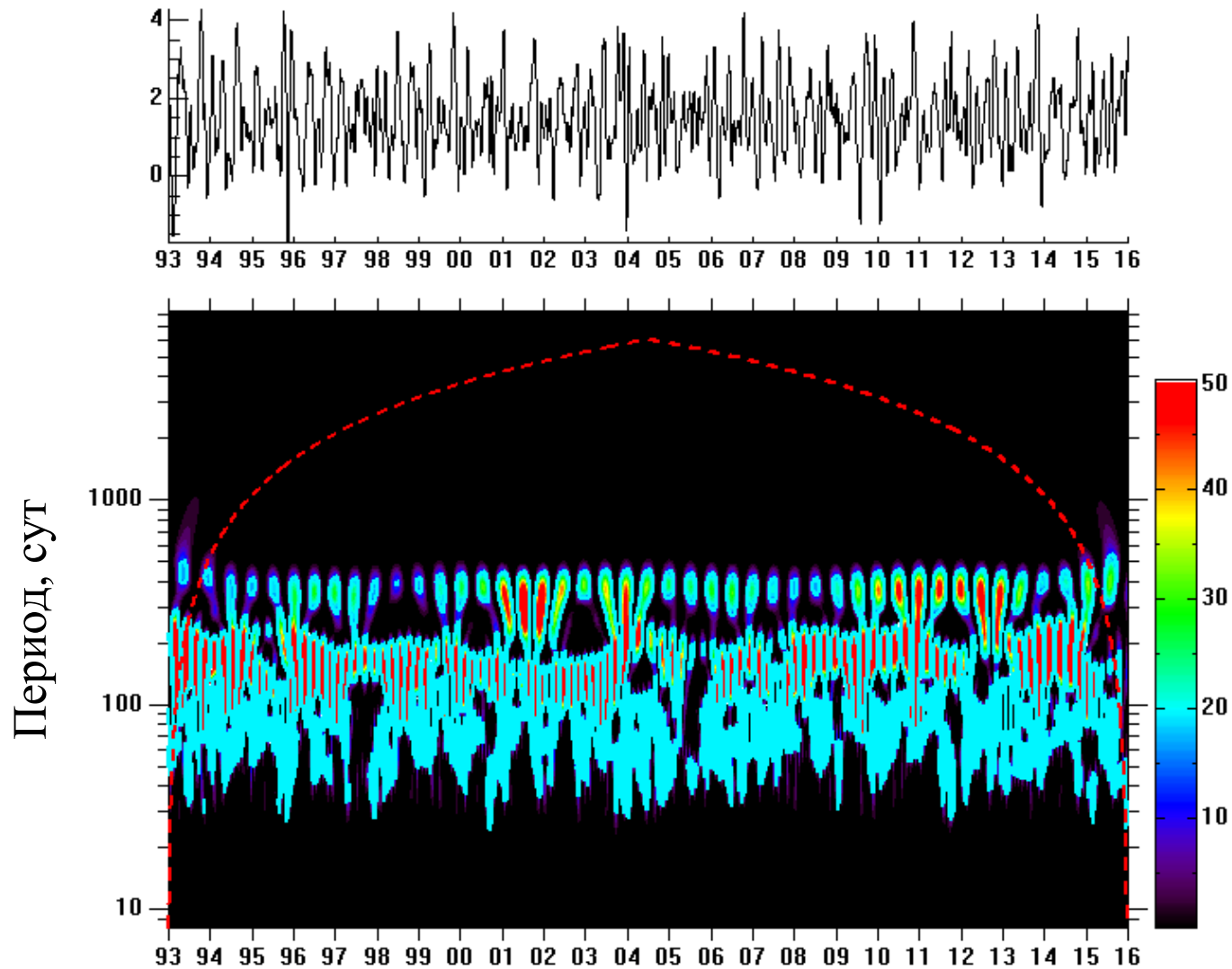
Анализируются аномалии, нормализованные на СКО (13.3, 15.2 и 12.3 см), т.е. сильные аномалии (нормализованные – 0.15–0.2, размерные – 1.8–2.7 см) превышают ошибку.

WT-спектр РС 1



Голубыми линиями показаны 90%-е уровни значимости по отношению к красному шуму

WT-спектр PC_{HF} 1

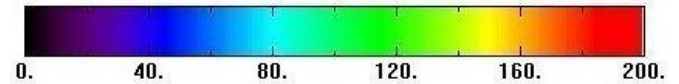


Голубыми линиями показаны 90%-е уровни значимости по отношению к красному шуму

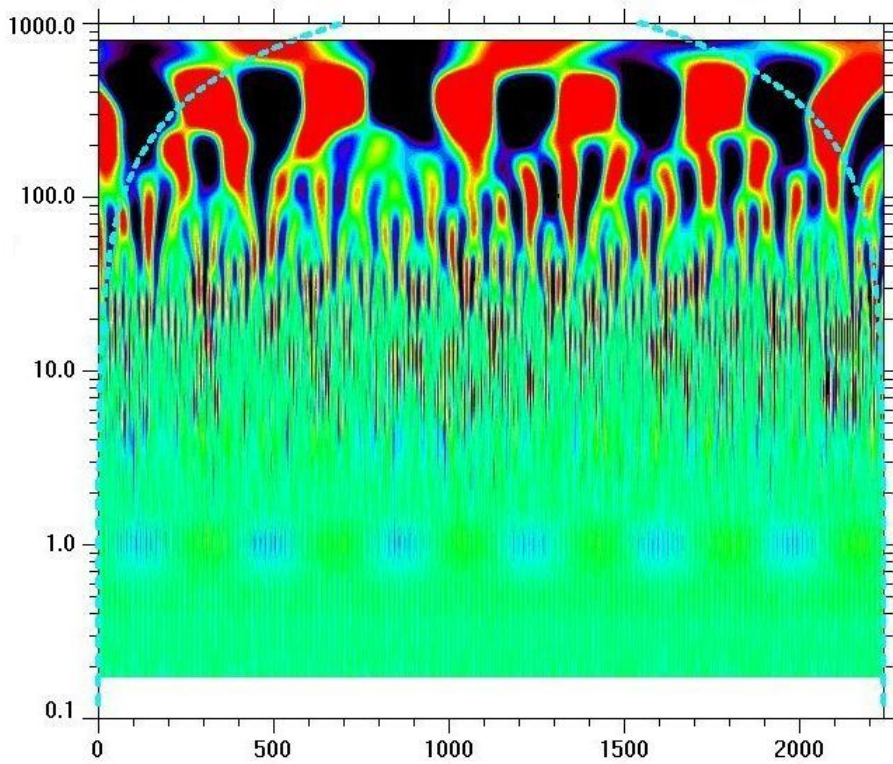
Преобразование: WT и WT-спектр

Сутки (0 – 2239):

1 января 2010 г. – 18 февраля 2016 г.

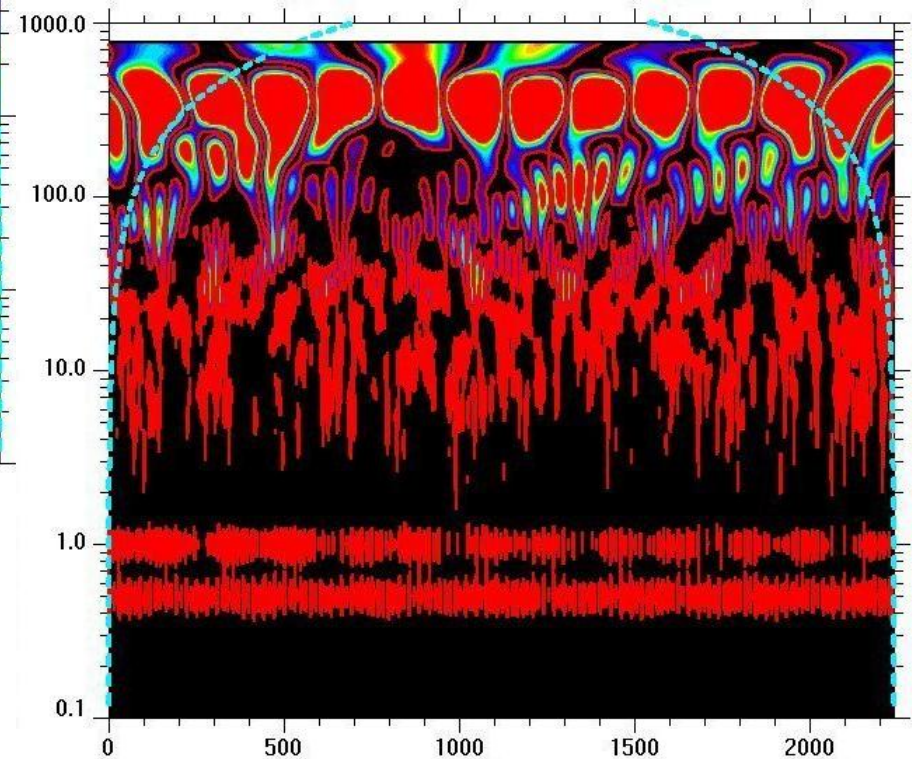


Период, сут



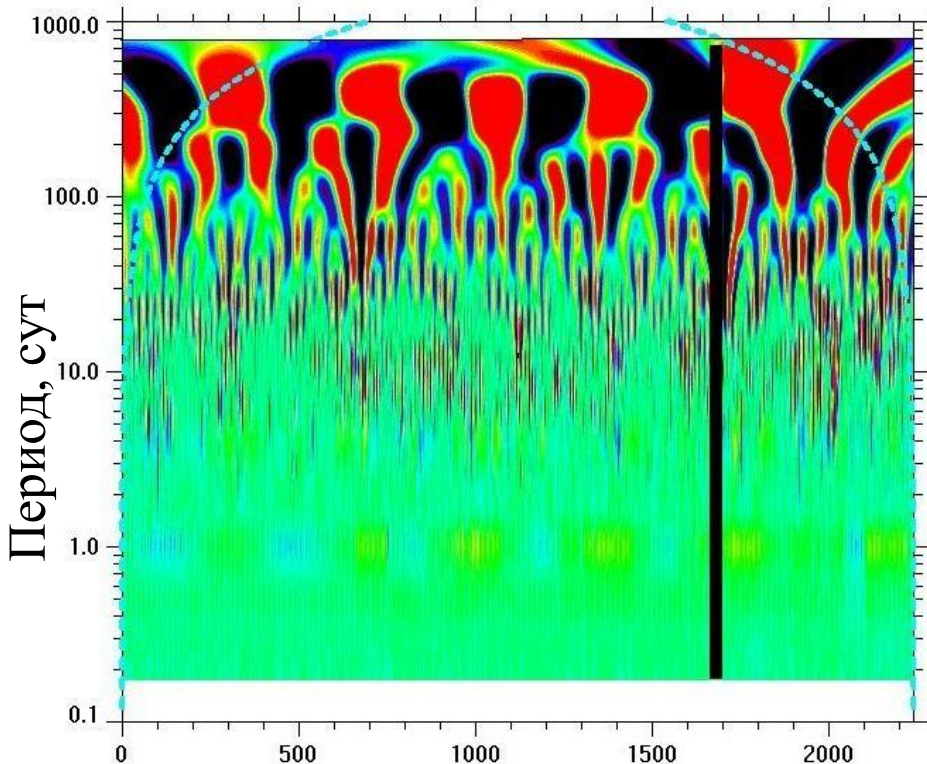
Сутки (0 – 2239):

1 января 2010 г. – 18 февраля 2016 г.



Красными линиями показаны
90%-е уровни значимости
по отношению к красному шуму

Рудная Пристань: WT и WT-спектр

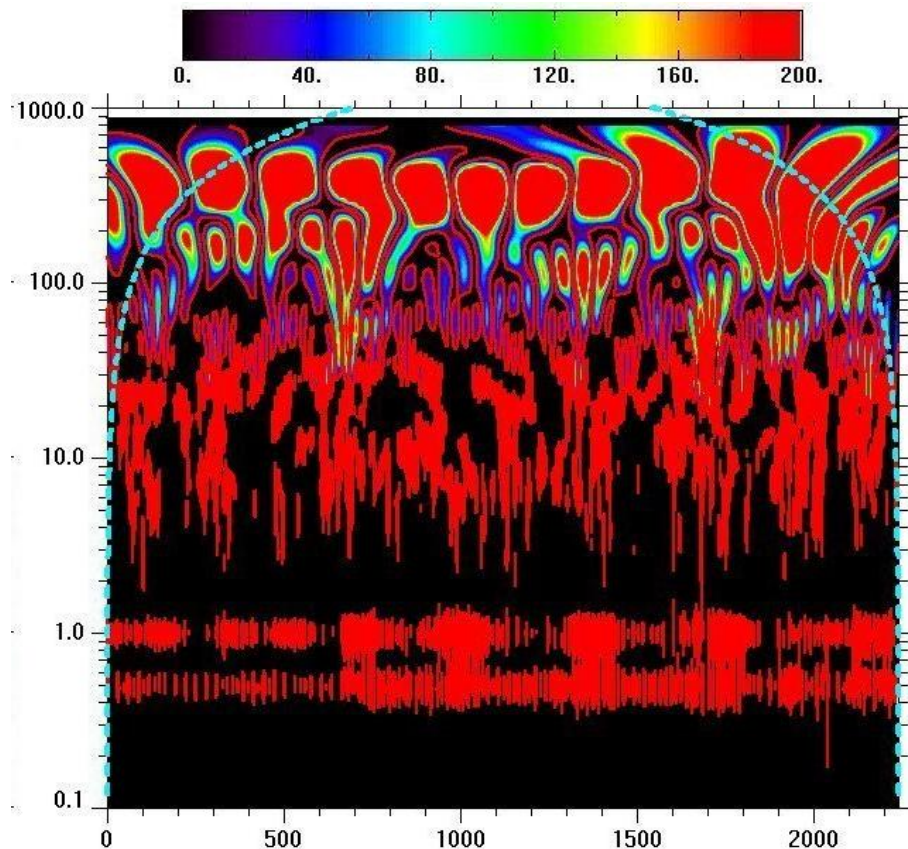


Сутки (0 – 2239):

1 января 2010 г. – 18 февраля 2016 г.

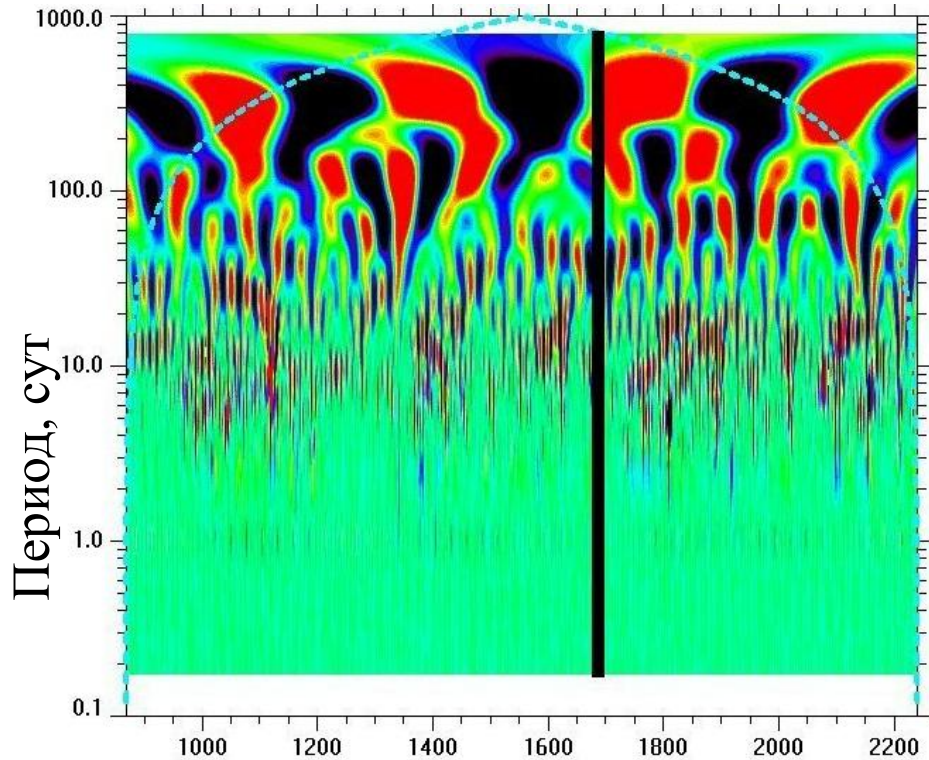
Черной полосой показан
пропуск в данных

Сутки (0 – 2239):
1 января 2010 г. – 18 февраля 2016 г.



Красными линиями показаны
90%-е уровни значимости
по отношению к красному шуму

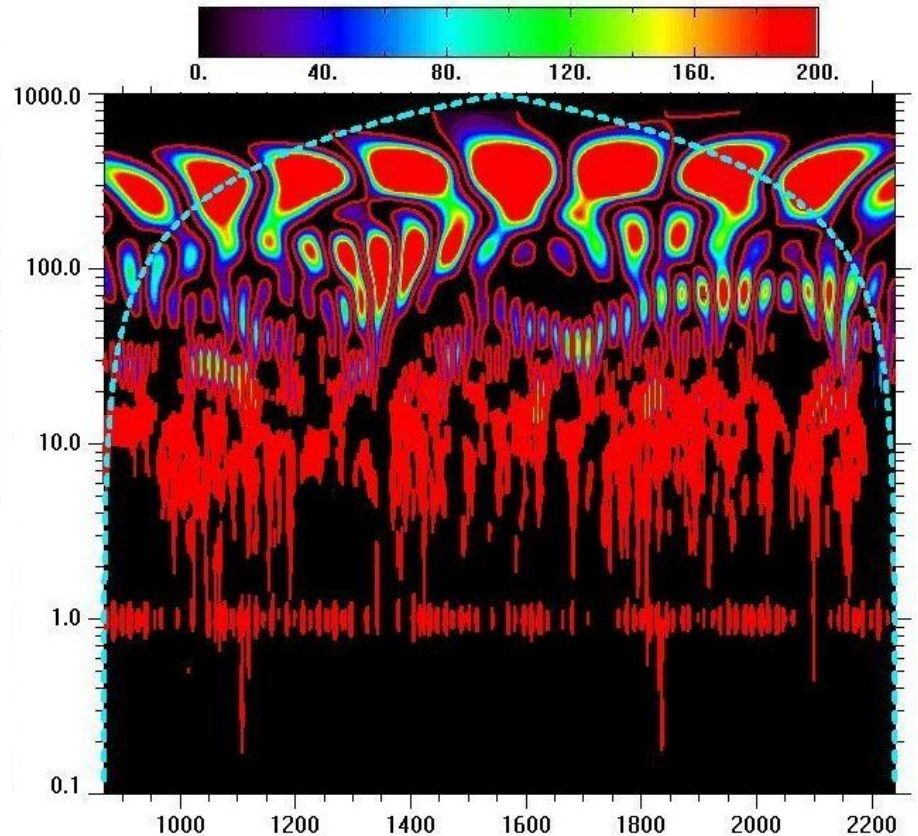
Сосуново: WT и WT-спектр



Сутки (869 – 2239):
19 мая 2012 г. – 18 февраля 2016 г.

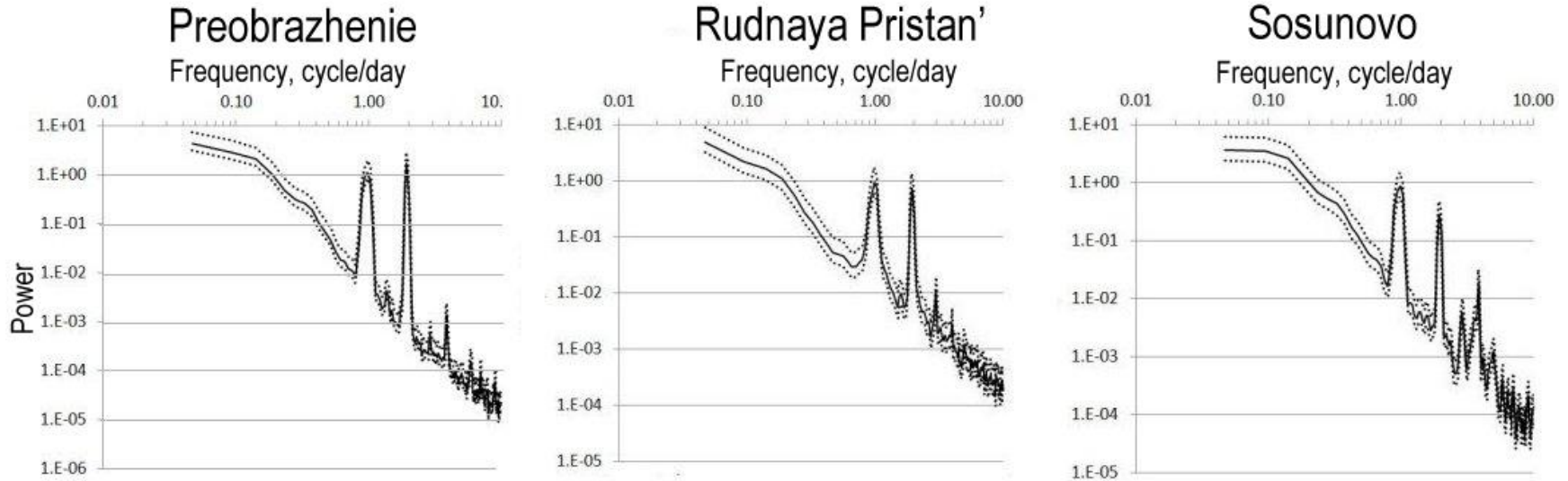
Черной полосой показан
пропуск в данных

Сутки (869 – 2239):
19 мая 2012 г. – 18 февраля 2016 г.



Красными линиями показаны
90%-е уровни значимости
по отношению к красному шуму

Приливы (за 2015 г. – наилучшее качество данных)



Смешанный: полусуточный и суточный;
ослабление полусуточного относительно суточного с юга на север
(Рабинович, 1992)