

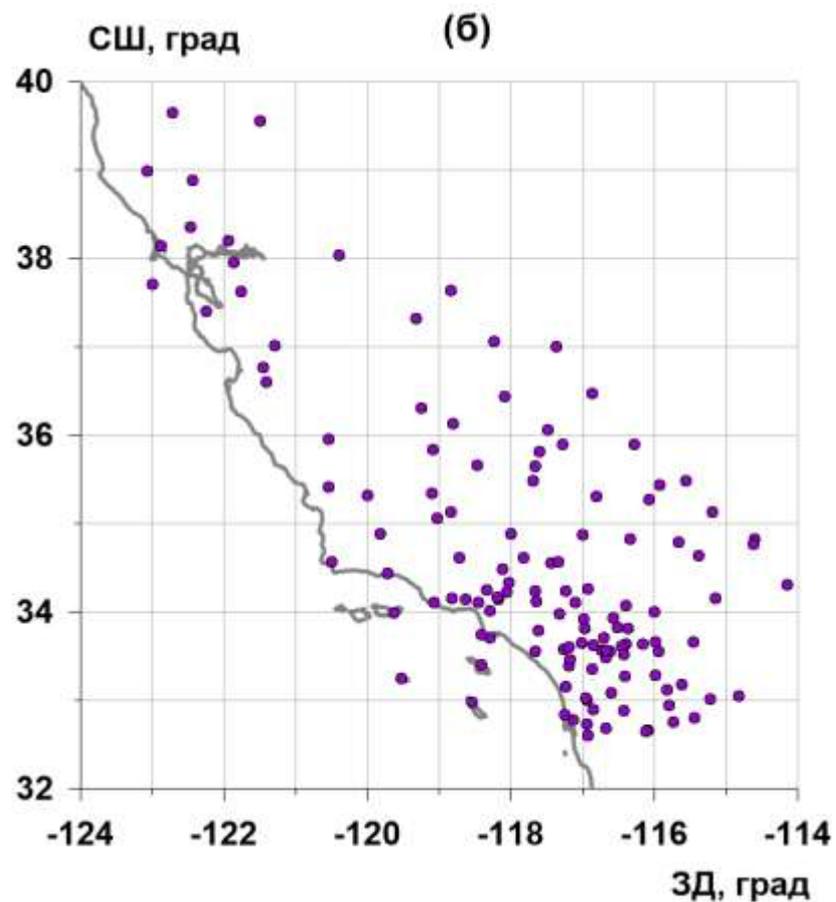
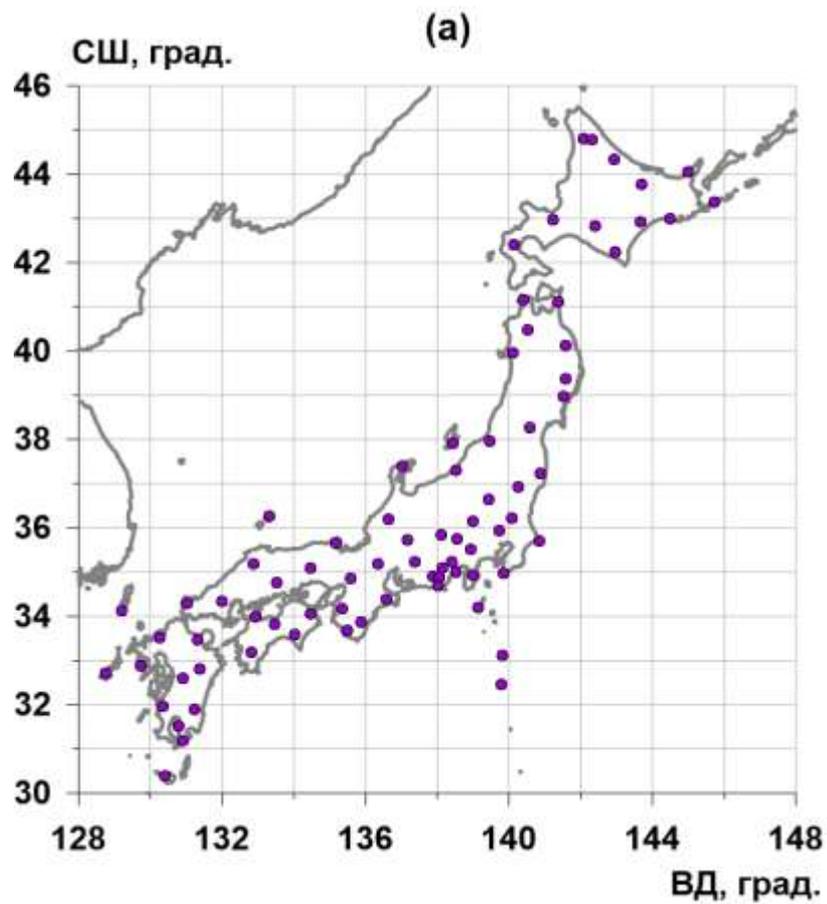
Модуляция свойств фоновых процессов в земной коре неравномерностью вращения Земли

Любушин А.А.

Институт физики Земли РАН, Москва,

lyubushin@yandex.ru

**Седьмая научно-техническая конференция
Проблемы комплексного геофизического мониторинга
Дальнего Востока России
29 сентября – 5 октября 2019 г.
г. Петропавловск-Камчатский**



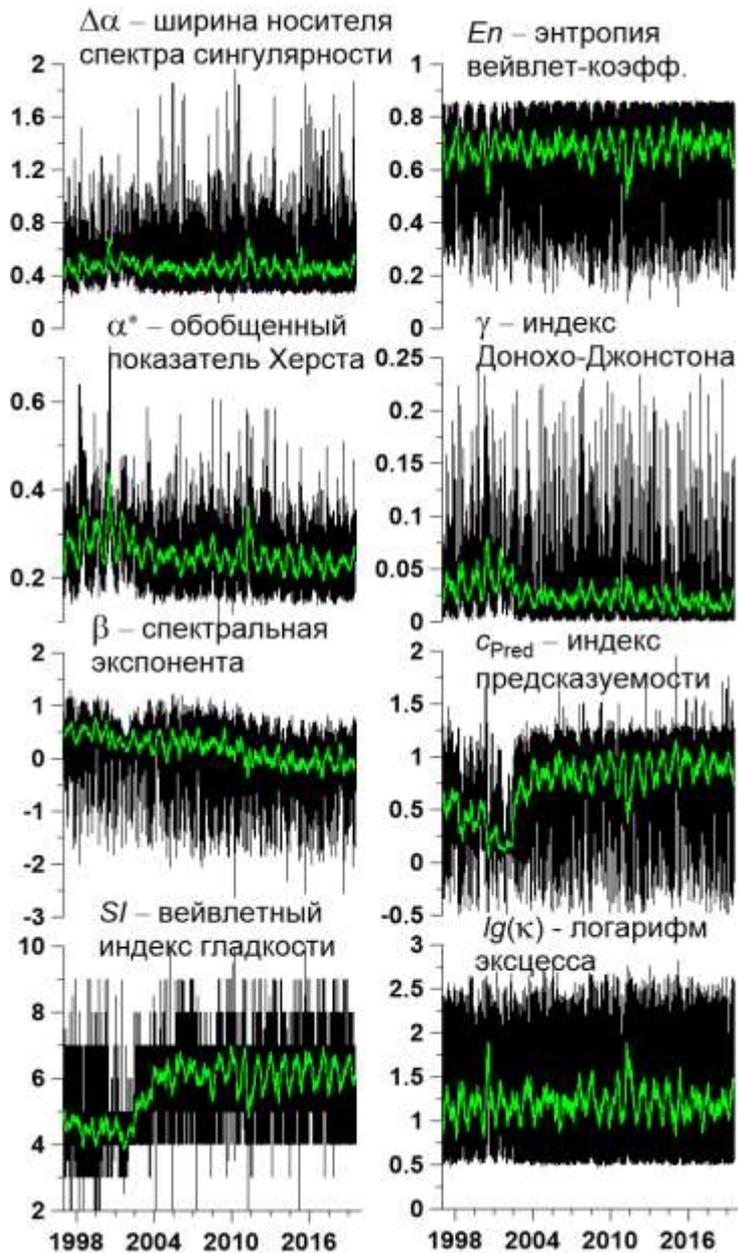
Расположения широкополосных сейсмических станций в Японии (а, 78 станций) и в Калифорнии (б, 142 станции)

Ежесуточные медианные свойства низкочастотного сейсмического шума

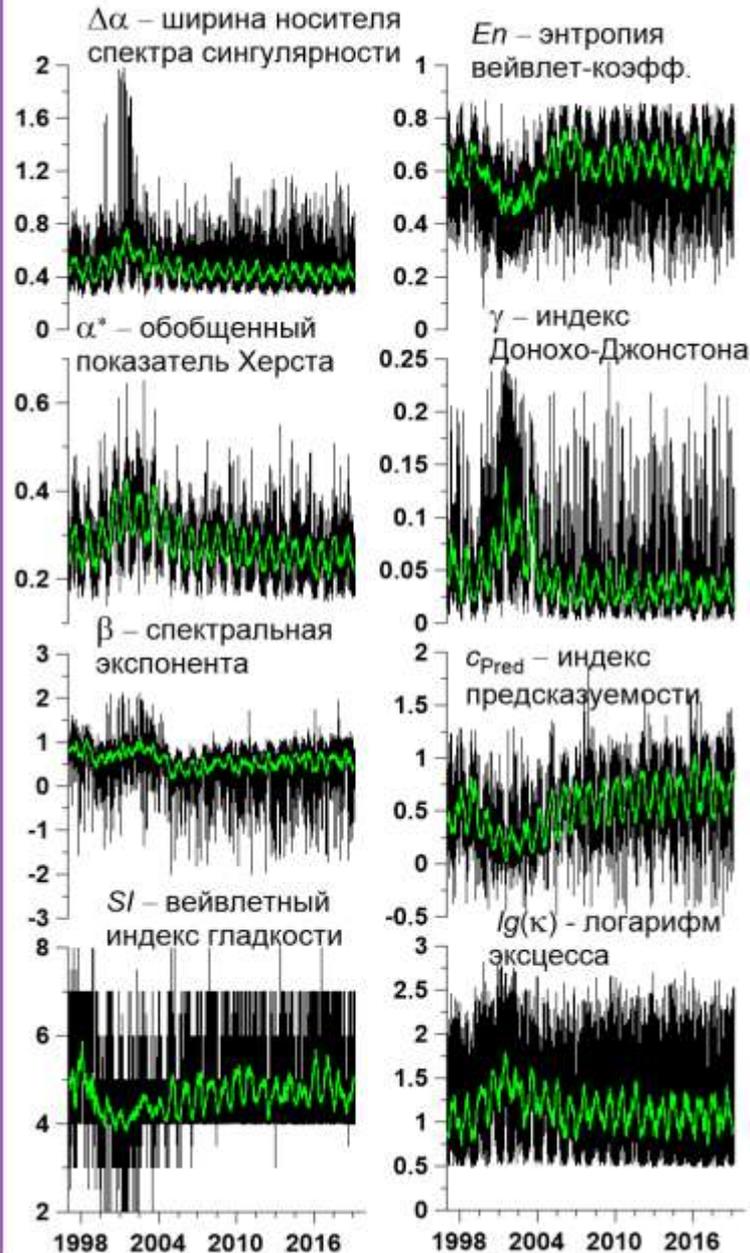
Для каждой сети строились ежесуточные временные ряды медиан 8 параметров сейсмического шума:

- 1) ширины носителя мульти-фрактального спектра сингулярности $\Delta\alpha$,
- 2) обобщенного показателя Херста α^* (также мульти-фрактальный параметр),
- 3) минимальной нормализованной энтропии распределения квадратов вейвлет-коэффициентов En ,
- 4) индекс Донохо-Джонстона γ , определяющий долю информативных вейвлет-коэффициентов,
- 5) спектральная экспонента β , определяемая как наклон линейной аппроксимации зависимости логарифма вейвлет-спектра от логарифма периодов,
- 6) авторегрессионный индекс линейной предсказуемости c_{Pred} ,
- 7) целочисленный индекс гладкости волновых форм шума SI , определяемый как число обнуляемых моментов у оптимального ортогонального вейвлета,
- 8) логарифм коэффициента эксцесса $\lg(\kappa)$.

Япония



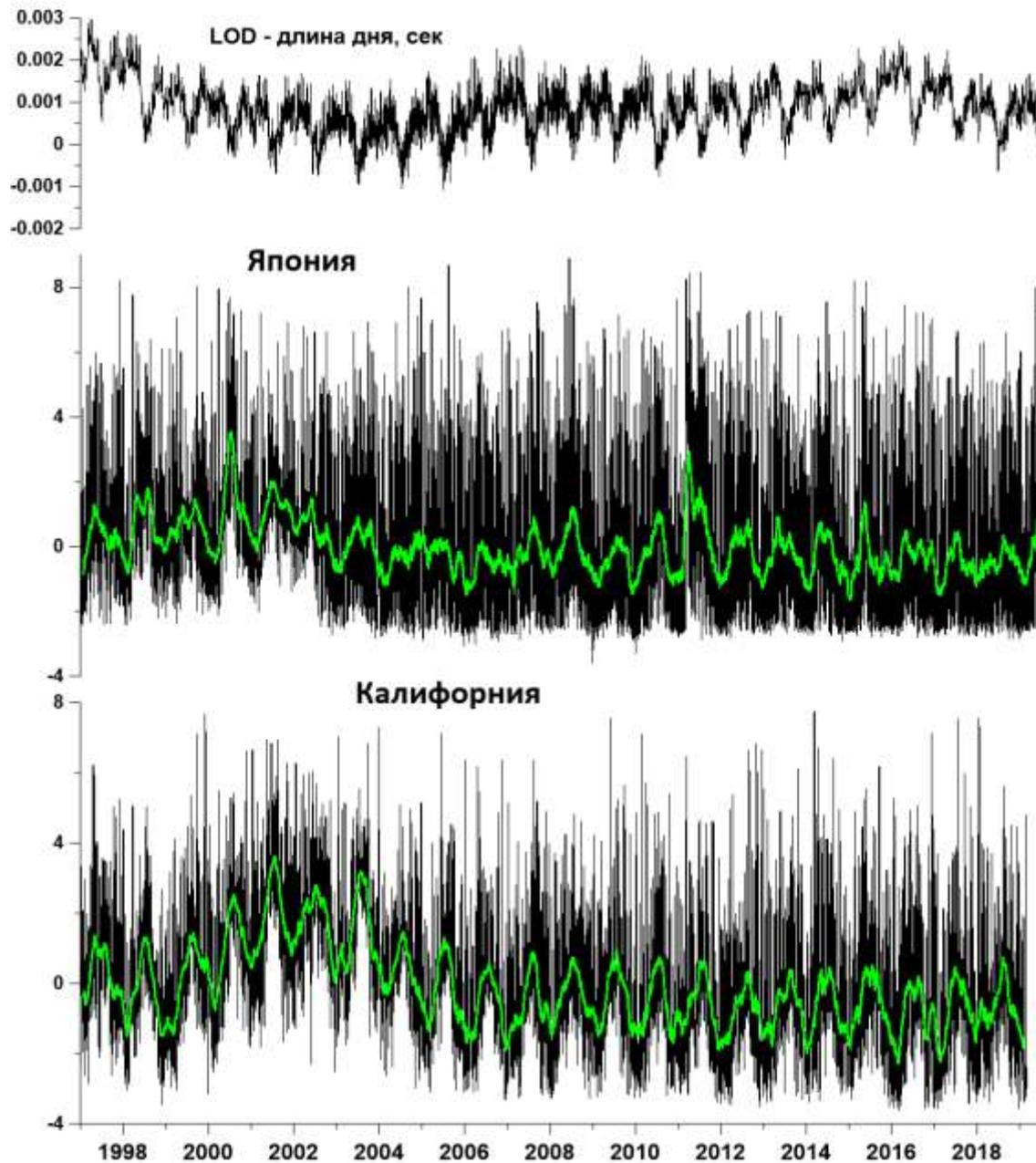
Калифорния

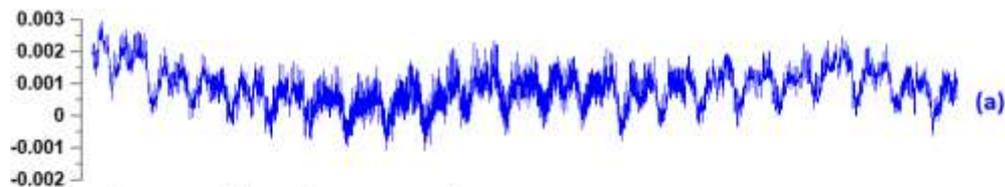


Графики ежесуточных медианных значений 8 параметров сейсмического шума для станций сетей в Японии и Калифорнии.

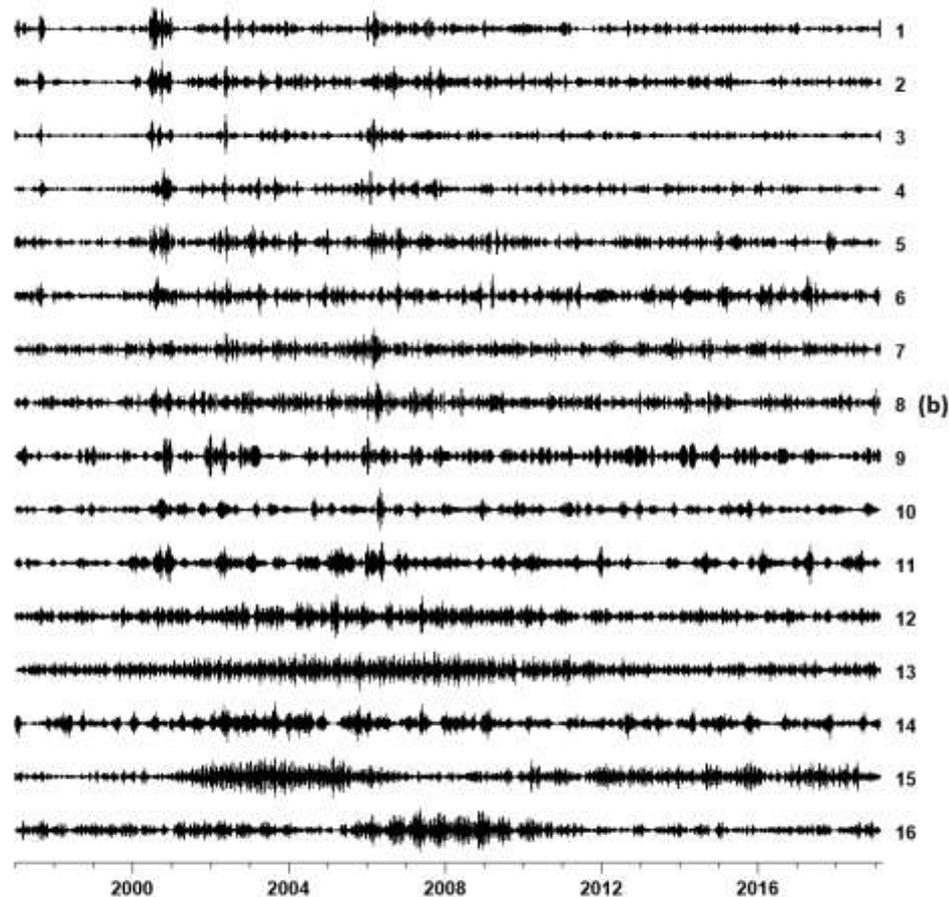
Зелеными линиями представлены графики скользящих средних в окне длиной 57 суток.

Длина дня и первые главные компоненты 8 медианных ежедневных свойств сейсмического шума



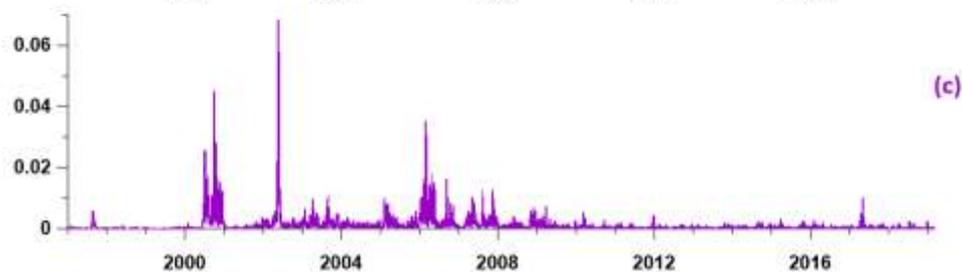


Временной ряд длины суток LOD – length of day



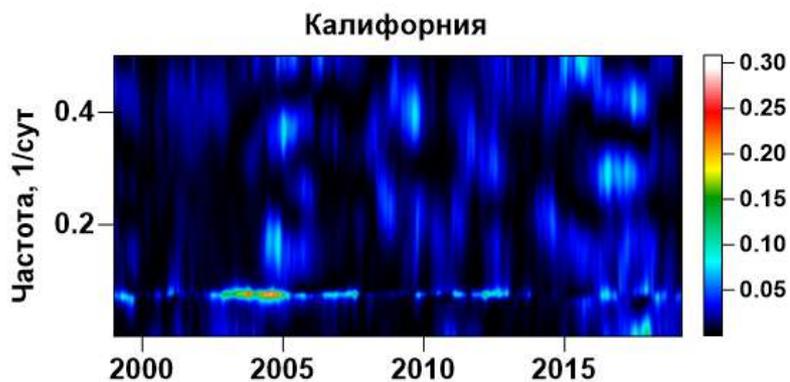
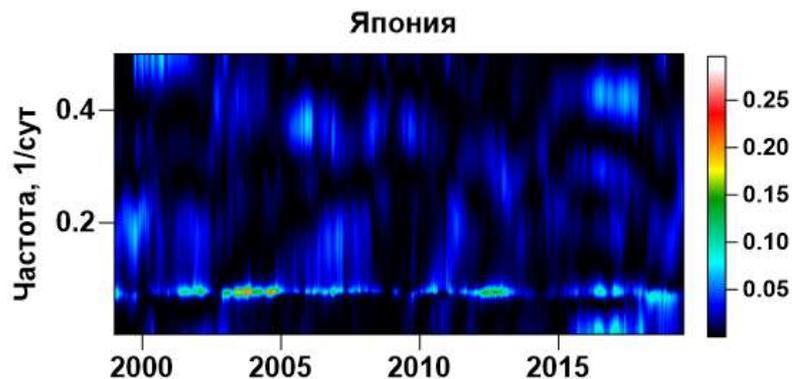
Вейвлет-пакетное разложение временного ряда LOD: первые 2 уровня детальности расщеплены на 8 подуровней каждый. Использовался вейвлет Добеши с 9 обнуляемыми моментами

#	Мин. период	Макс. период
1	2.00000	2.13333
2	2.13333	2.28571
3	2.28571	2.46154
4	2.46154	2.66667
5	2.66667	2.90909
6	2.90909	3.20000
7	3.20000	3.55556
8	3.55556	4.00000
9	4.00000	4.26667
10	4.26667	4.57143
11	4.57143	4.92308
12	4.92308	5.33333
13	5.33333	5.81818
14	5.81818	6.40000
15	6.40000	7.11111
16	7.11111	8.00000

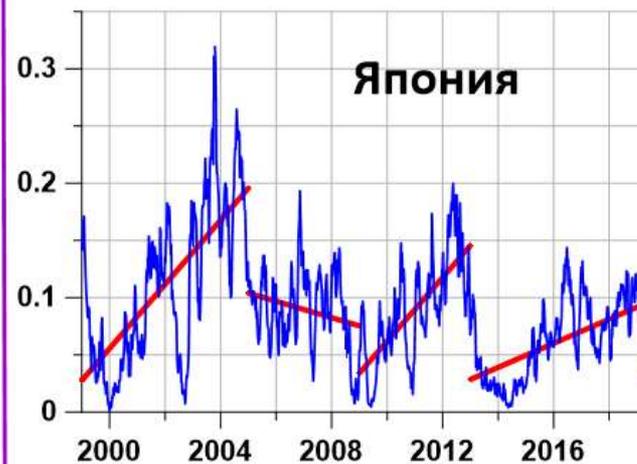


Вейвлет-пакетная мера нестационарности временного ряда. Максимум меры нестационарности приходится на 2002 год.

Частотно-временные диаграммы квадратичной когерентности между приращениями LOD и первыми главными компонентами 8 свойств сейсмического шума в Японии и Калифорнии



Максимальные значения по частоте квадратичной когерентности между LOD и первыми главными компонентами свойств сейсмического шума в окне длиной 730 суток. Красные линии представляют кусочные линейные тренды

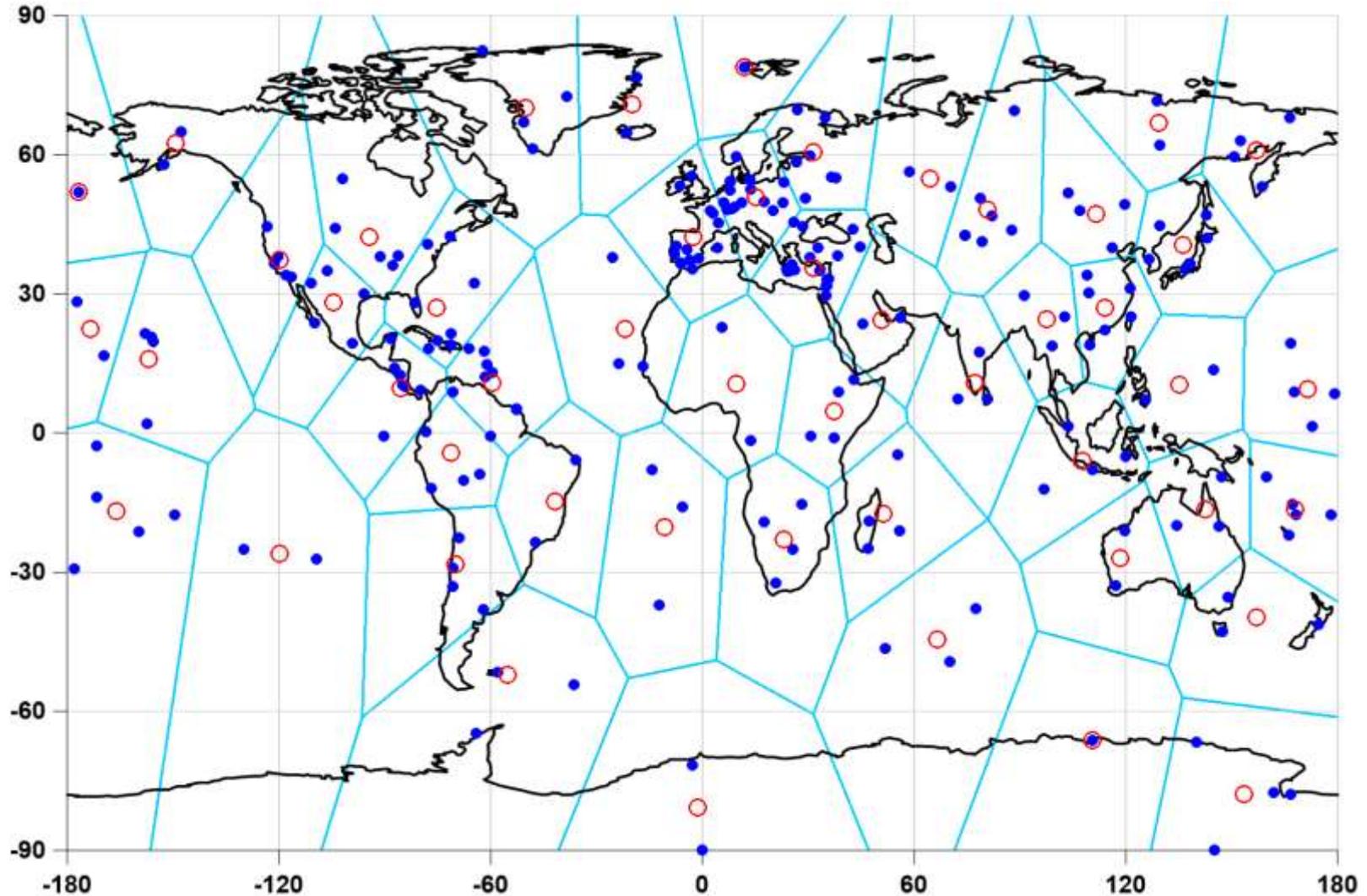


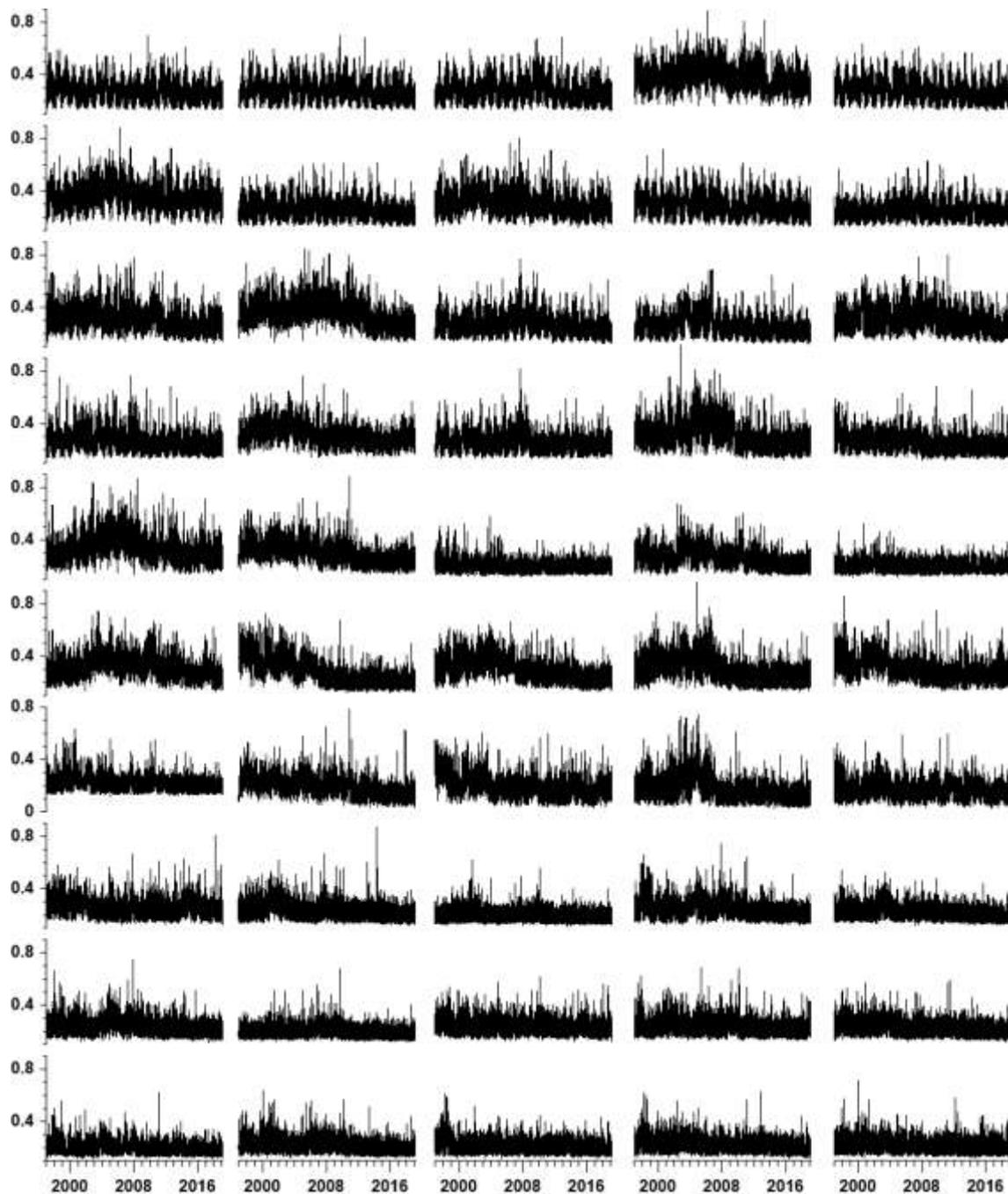
Правый конец временного окна длиной 730 суток

Выводы 1

Анализ синхронных наблюдений за сейсмическим шумом на сетях широкополосных сейсмических станций в Японии и Калифорнии и когерентности средних свойств шума с временным рядом нерегулярности вращения Земли позволяет выдвинуть гипотезу, что неравномерность вращения планеты является одним из ведущих факторов, управляющих изменением свойств собственного шума Земли.

Синие кружки – глобальная сеть 229 широкополосных сейсмических станций.
Красные круги – 50 реперных точек, определенных как центры кластеров станций.
Наблюдения – с начала 1997 года по конец февраля 2019 года (более 22 лет).
Показано разбиение поверхности Земли на полигоны Вороного.



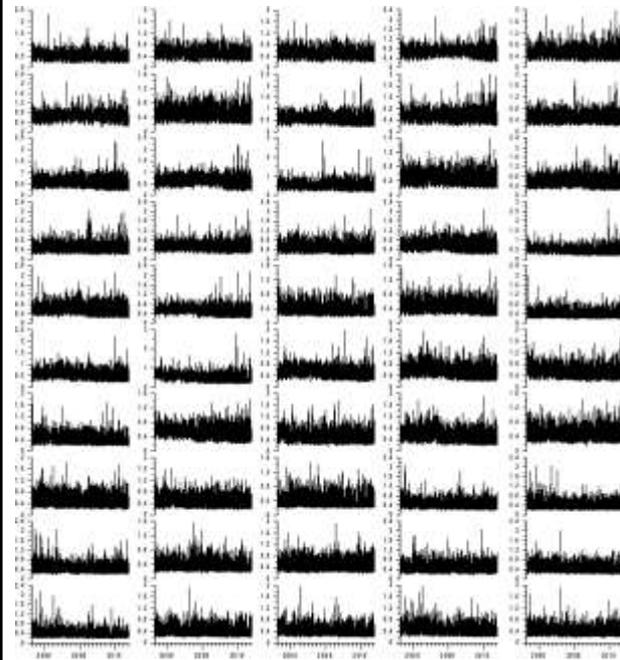


Пример 50 ежесуточных временных рядов значений мульти-фрактального обобщенного показателя Херста, вычисленных для каждой реперной точки как ежесуточное среднее значение от 5 ближайших работоспособных станций.

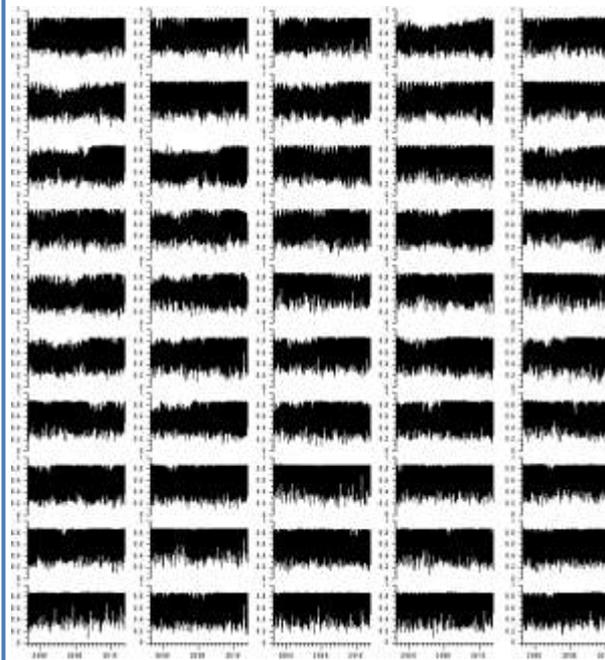
Использование средних значений параметров сейсмического шума от заданного числа ближайших работоспособных станций позволяет построить временные ряды свойств сейсмического шума без пропусков, несмотря на наличие пропусков в сейсмических записях от отдельных станций.

Аналогично для каждой из 50 реперных точек вычисляются ежедневные значения еще 3-х параметров сейсмического шума как средние значения от 5 ближайших работоспособных станций.

Ширина носителя
мульти-фрактального
спектра сингулярности



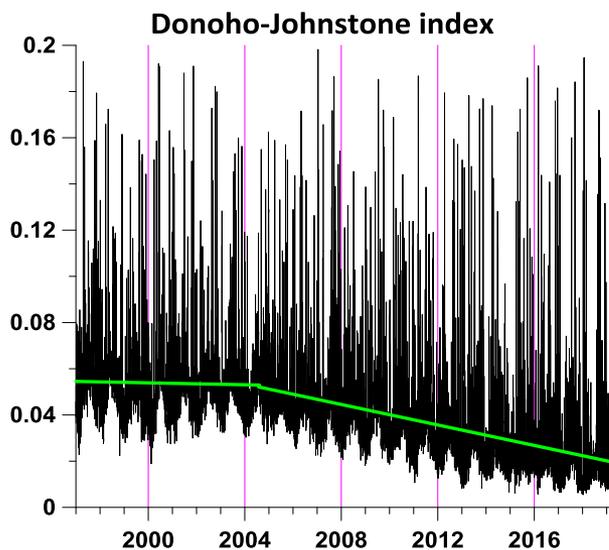
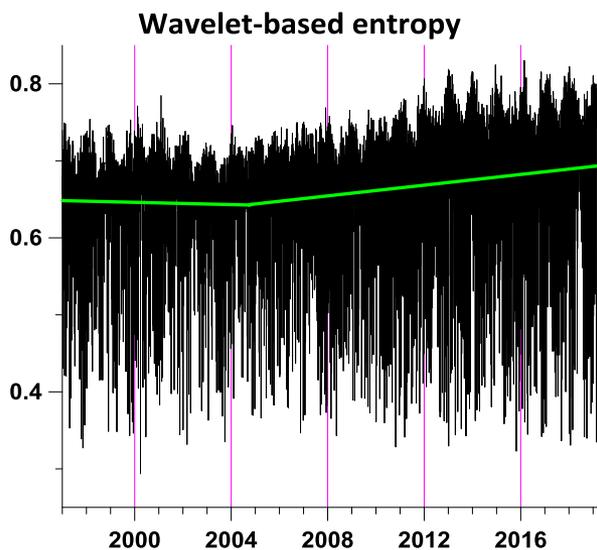
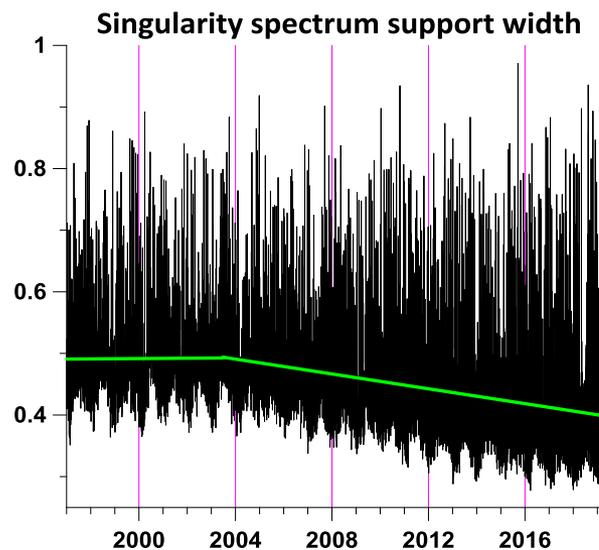
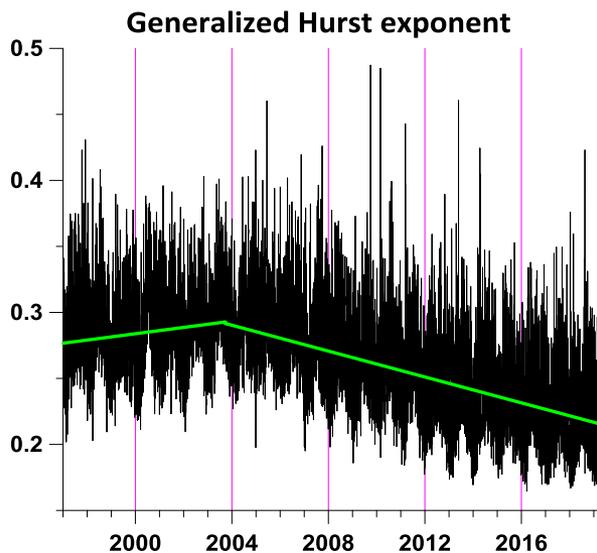
Минимальная
нормализованная
энтропия распределения
квадратов ортогональных
вейвлет-коэффициентов



Вейвлетный индекс
Донохо-Джостона,
определяющий долю
информационных
вейвлет-коэффициентов

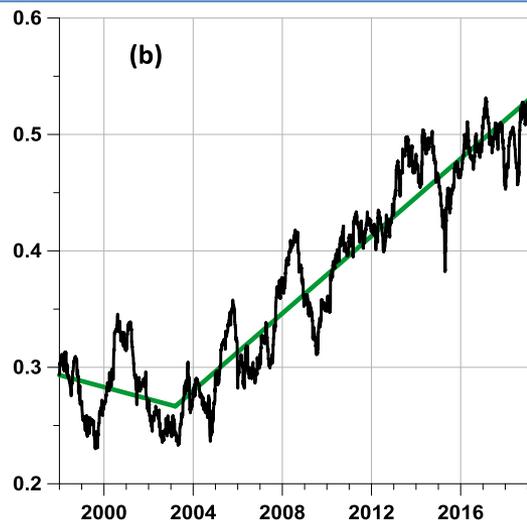
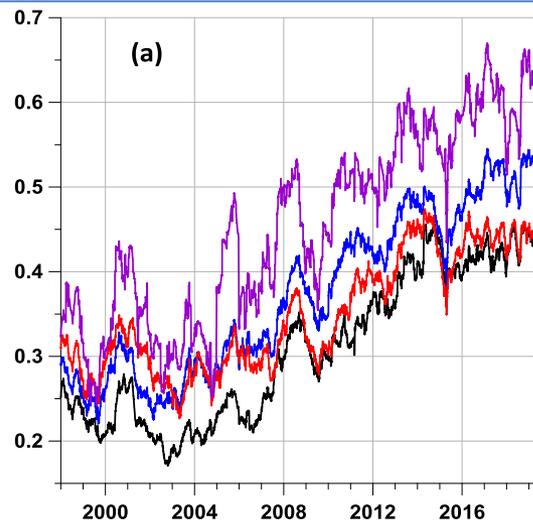


Средние значения 4-х параметров сейсмического шума, вычисленные по ежесуточным значениям в 50 реперных точках. Видно, что все они содержат кусочно-линейные тренды с точками излома во второй половине 2003 г. – первой половине 2004 г.



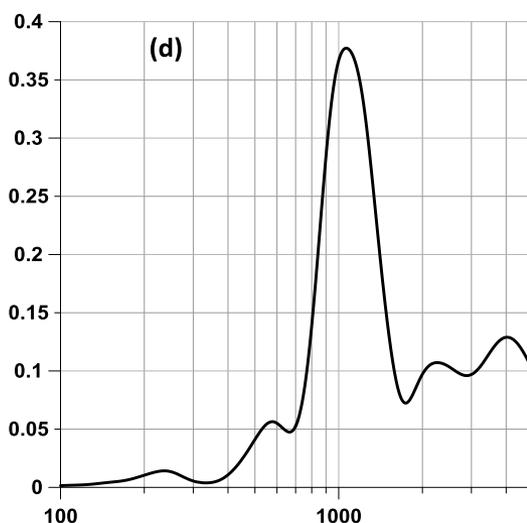
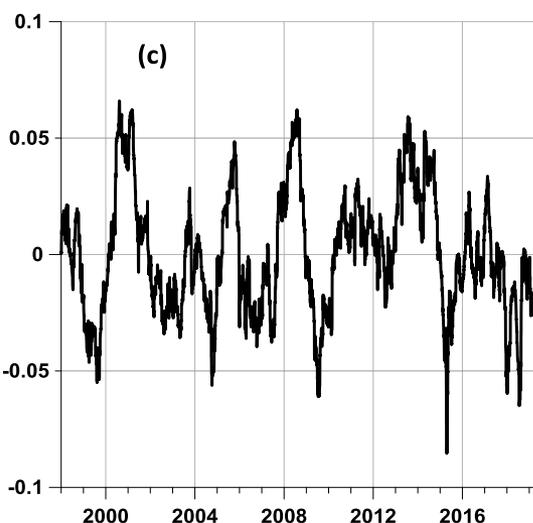
После 2-й половины 2004 г. тренды параметров глобального сейсмического шума имеют вид, характерный для областей с увеличивающейся сейсмической опасностью: ширина носителя мультифрактального спектра сингулярности уменьшается, энтропия увеличивается, индекс Донохо-Джонстона уменьшается. То есть, структура сейсмического шума упрощается, он по своим свойствам становится ближе к белому шуму.

(а) – графики средних значений всех попарных коэффициентов корреляции между ежесуточными значениями параметров сейсмического шума в 50 реперных точках в скользящем временном окне длиной 365 суток: обобщенного показателя Херста; ширины носителя спектра сингулярности; минимальной нормализованной энтропии и вейвлетного индекса Донохо-Джонстона.



(b), черная линия – среднее значение от средних значений попарных коэффициентов корреляции для ежесуточных значений 4-х параметров сейсмического шума в 50 реперных точках. Зеленая линия – непрерывный ломаный линейный тренд с точкой излома в момент времени 2003.2.

(с) – остаток после удаления ломаного линейного тренда из средних значений коэффициентов корреляции на рисунке (b).



(d) – вейвлетный спектр Морле (среднее значение квадратов вейвлет-коэффициентов Морле) для остатка после вычитания ломаного тренда средних значений попарных корреляций (рис. (с)).

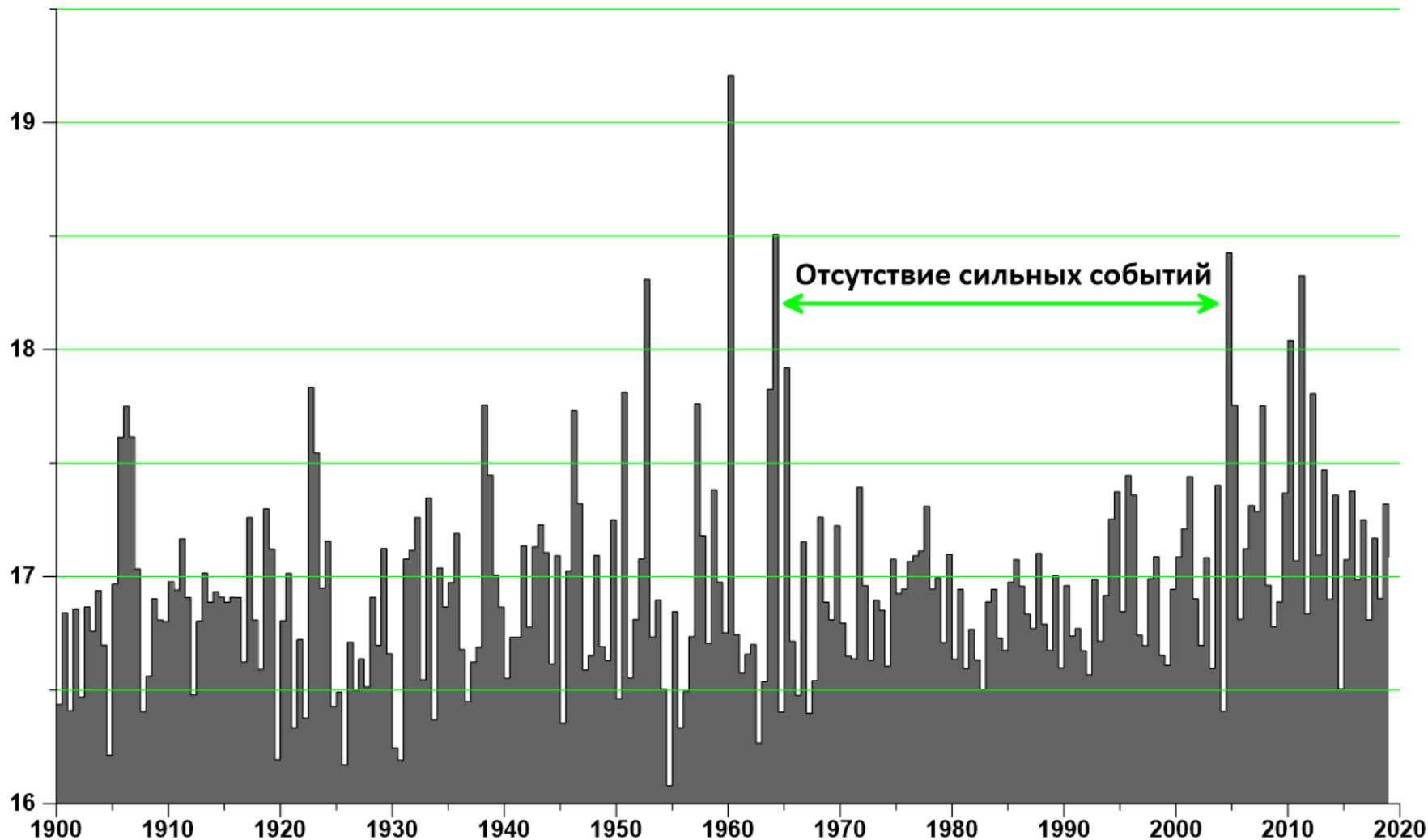
Максимум соответствует периоду 2.9 года.

Правый конец временного окна длиной 365 суток

Периоды, сутки

Длительный интервал отсутствия сильнейших землетрясений (1965-2004) завершился Суматранским мега-землетрясением 26.12.2004, после которого началось увеличение интенсивности сильных сейсмических событий.

Десятичный логарифм сейсмической энергии (дж), выделившейся в последовательных временных интервалах длиной 0.5 года



Выводы 2

Причина неравномерности вращения Земли в настоящее время далека от полной ясности. В качестве факторов, влияющих на эту неравномерность можно указать на термодинамические процессы в океане, атмосфере и литосфере, сопровождающиеся перераспределением масс, изменением магнитного поля и обменом момента импульса между оболочками.

Из этих гипотетических факторов наиболее изученным является воздействие атмосферы, которое на периодах от нескольких суток до нескольких лет является наиболее интенсивным, влияющим на длину суток. Заметим что процессы в атмосфере и генерируемые ими штормовые волны в океане являются основными источниками энергии сейсмического фона в земной коре.

Поэтому в качестве гипотезы, связывающей изменения свойств свойства сейсмического шума Земли и неравномерности вращения планеты, можно предположить, что фактором, объединяющим изменения длины суток и сейсмичность, являются климатические процессы, отражающиеся в интенсивности воздействия жидкой оболочки на литосферу. Это воздействие может быть как в виде прямого давления ветров на горные цепи, так и в виде изменения нагрузки на литосферу из-за таяния ледников, ростом уровня моря и интенсивностью выпадения осадков.

Таким образом, особенности глобального сейсмического шума Земли, являющиеся предметом анализа данных в докладе (упрощение статистической структуры и рост корреляций), могут быть проявлением глубинных связей между процессами в различных оболочках планеты и изменением климата.