

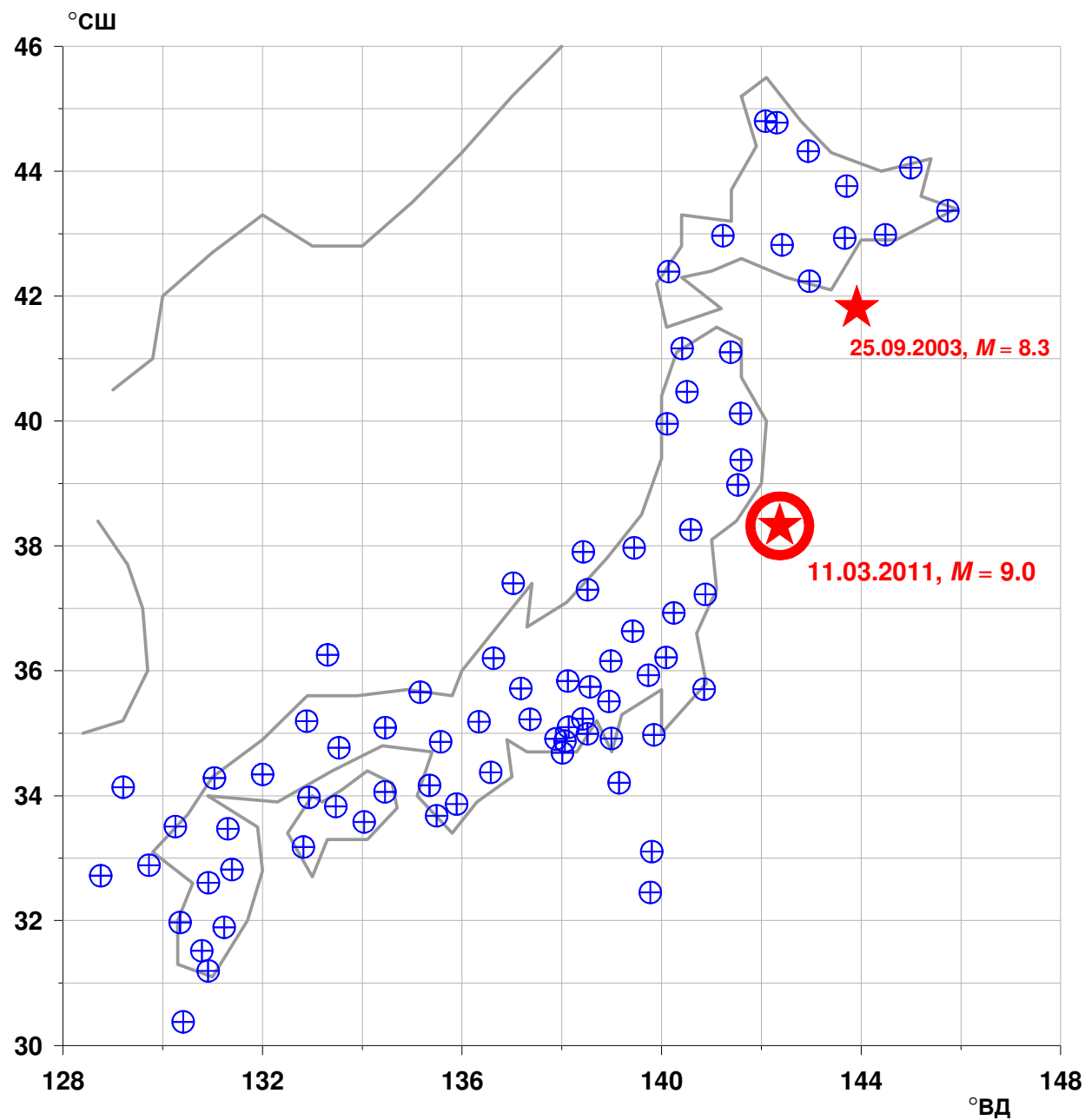
ЦИКЛИЧЕСКИЕ ФЛУКТУАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ НА ЯПОНСКИХ ОСТРОВАХ

Любушин А.А.

Институт физики Земли РАН, Москва

e-mail: lyubushin@yandex.ru

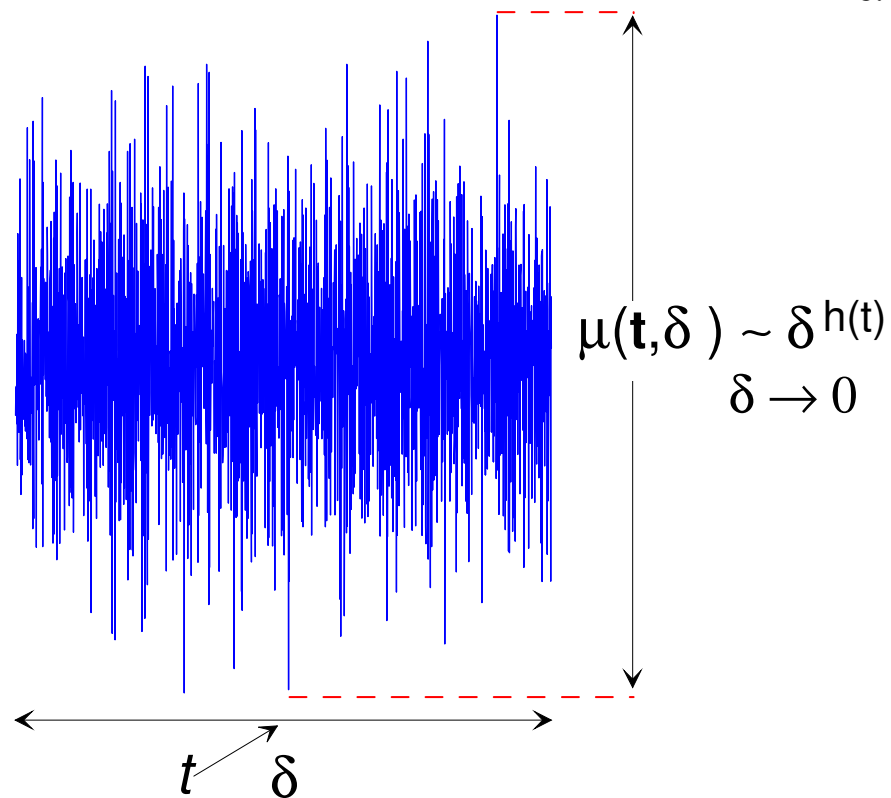
**Шестая научно-техническая конференция
Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего
Востока России
1 – 7 октября 2017 г.
г. Петропавловск-Камчатский**



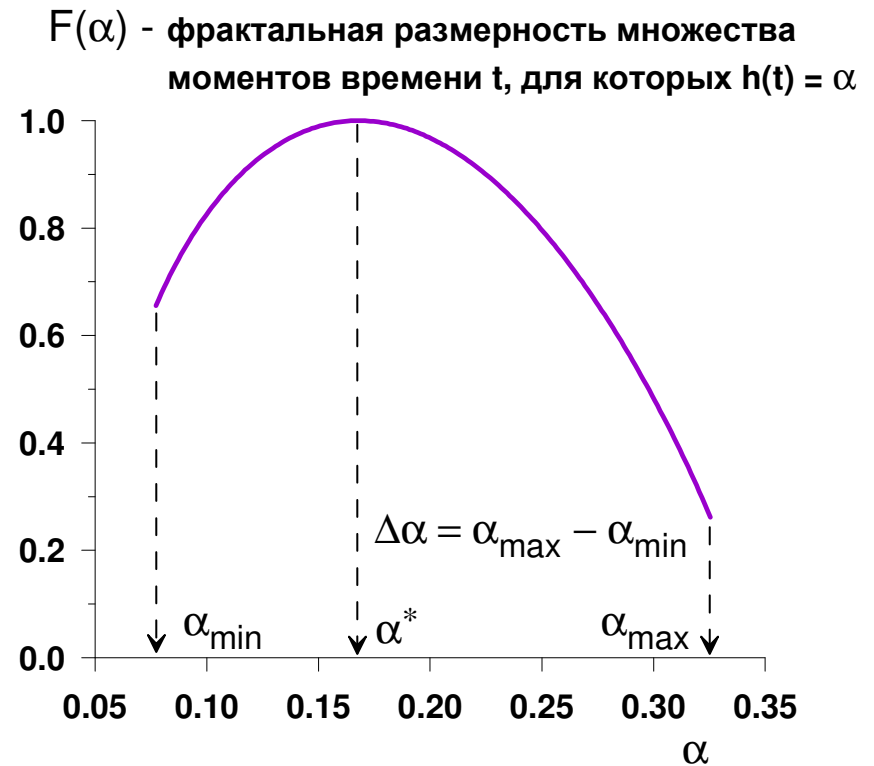
**Положения 78
сейсмических станций
(после исключения 6
станций на удаленных
островах).**

Мульти-фрактальный спектр сингулярности

Мера изменчивости случайного сигнала
на интервале времени $[t - \delta/2, t + \delta/2]$



Мультифрактальный спектр сингулярности $F(\alpha)$
и его параметры: $\Delta\alpha$ - ширина носителя и
 α^* - обобщенный показатель Херста.



Минимальная нормализованная энтропия :

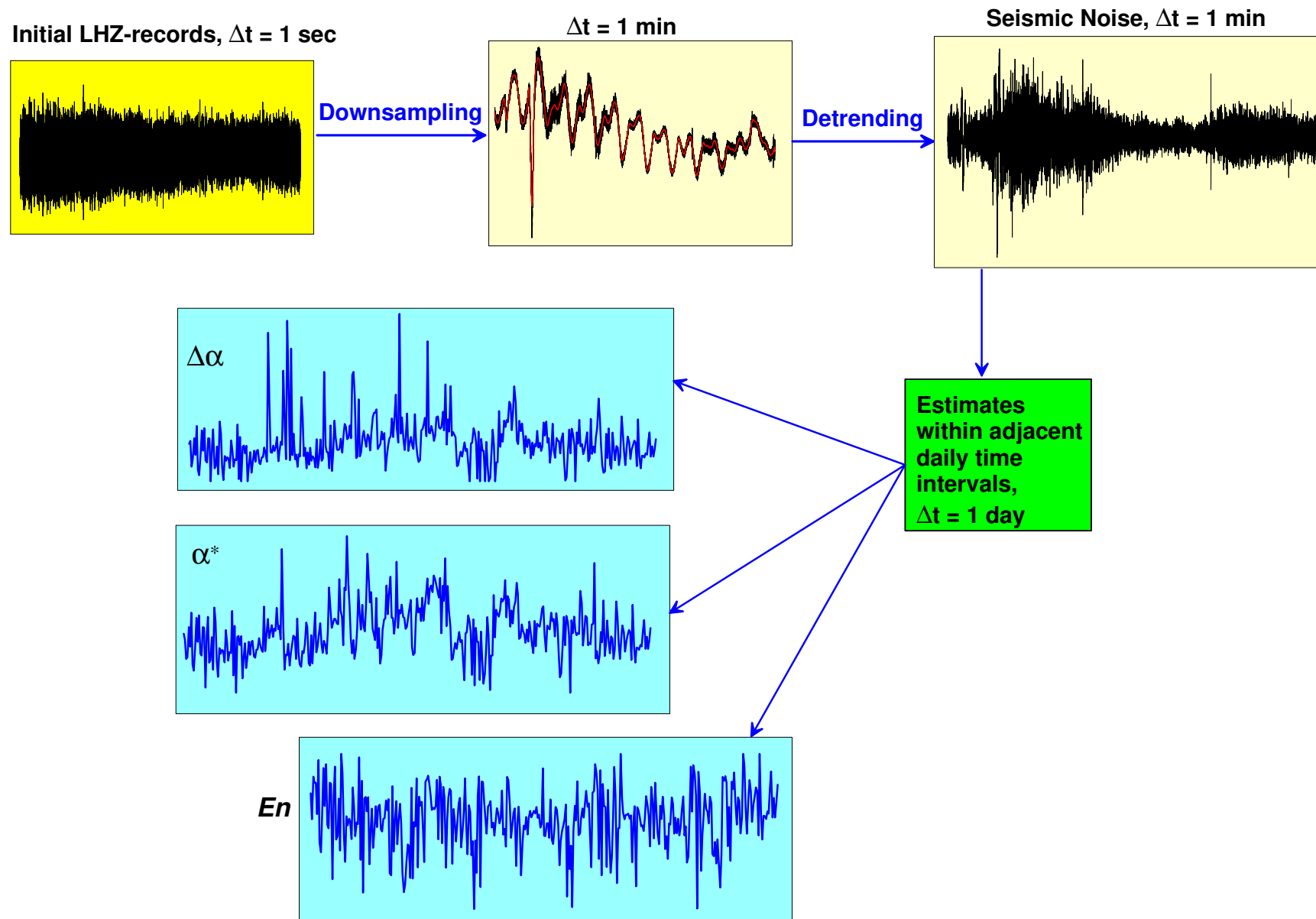
$$En = - \sum_{k=1}^N p_k \cdot \log(p_k) / \log(N) \rightarrow \min$$

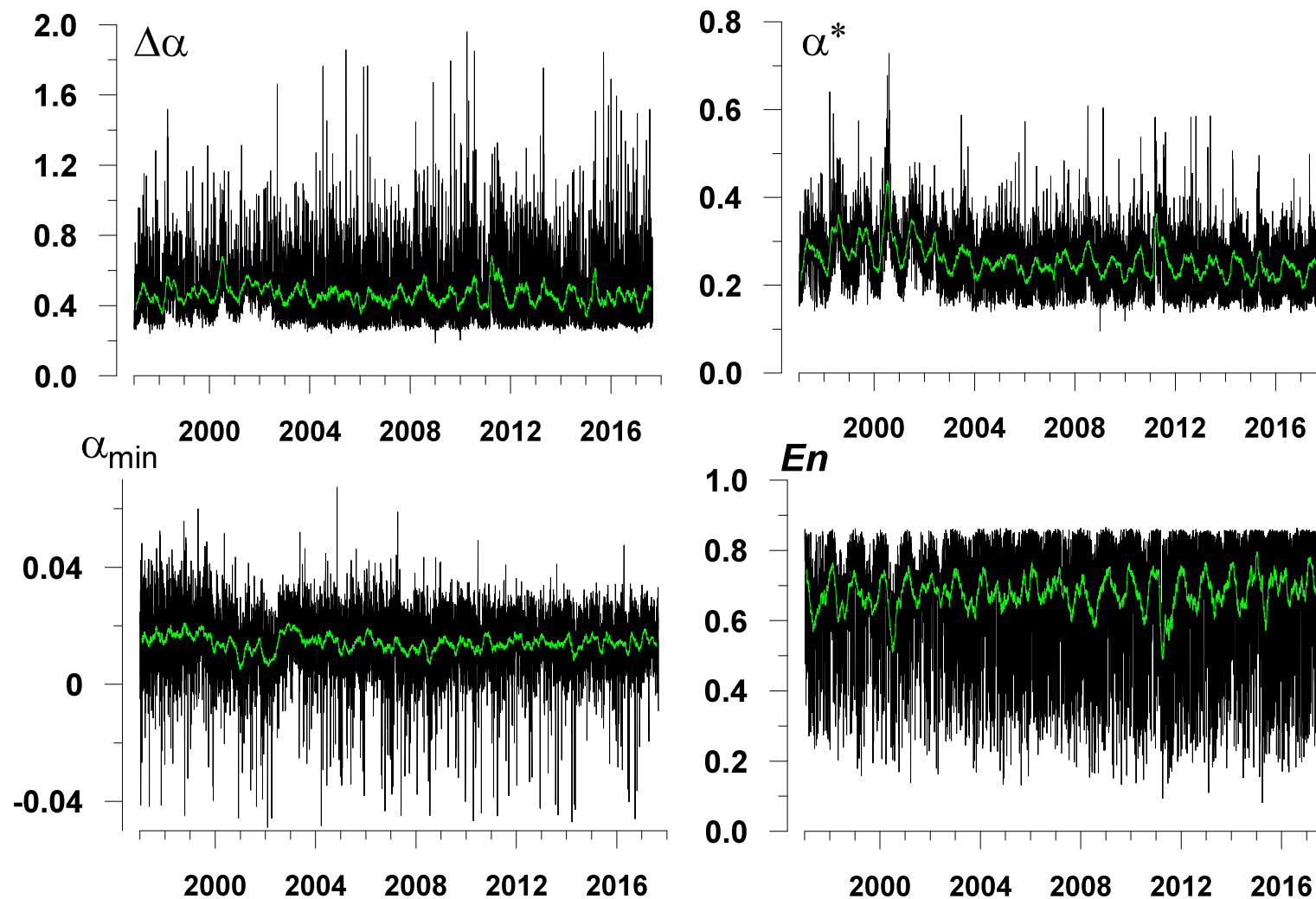
$$0 \leq En \leq 1, \quad p_k = c_k^2 / \sum_{j=1}^N c_j^2,$$

c_j - ортогональные вейвлет-коэффициенты.

Минимум берется по вейвлетам Добеши с числом обнуляемых моментов от 1 до 10.

Преобразование исходных данных сейсмического шума к последовательности ежесуточных значений его свойств





**Медианы ежесуточных оценок 4-х параметров
сейсмического шума сети F-net:
Зеленые линии - скользящие средние
в окне длиной 57 суток.**

Процедура кластерного анализа мульти-фрактальных свойств и энтропии сейсмического шума в скользящем временном окне

Let $\xi = (\Delta\alpha, \alpha^*, \alpha_{\min}, En)$ be median of microseism statistics

which are computed each day using information from all stations;

ξ_t – $4D$ vector in the current 1 years time window, $t = 1, \dots, N = 365$ days

$$\langle \xi_k \rangle = \sum_{t=1}^N \xi_{t,k} / N, \quad s_k^2 = \sum_{t=1}^N (\xi_{t,k} - \langle \xi_k \rangle)^2 / (N-1) \quad - \quad \text{mean values and st.dev.}$$

Normalization (+ winsorization) of each component of ξ_t within each 1-years window :

$\zeta_{t,k} = (\xi_{t,k} - \langle \xi_k \rangle) / s_k$, $k = 1, \dots, 4$. Transition from $4D$ vectors ζ_t to $3D$ vectors η_t

of first principal components by projection of vectors ζ_t to the cov.matrix eigenvectors

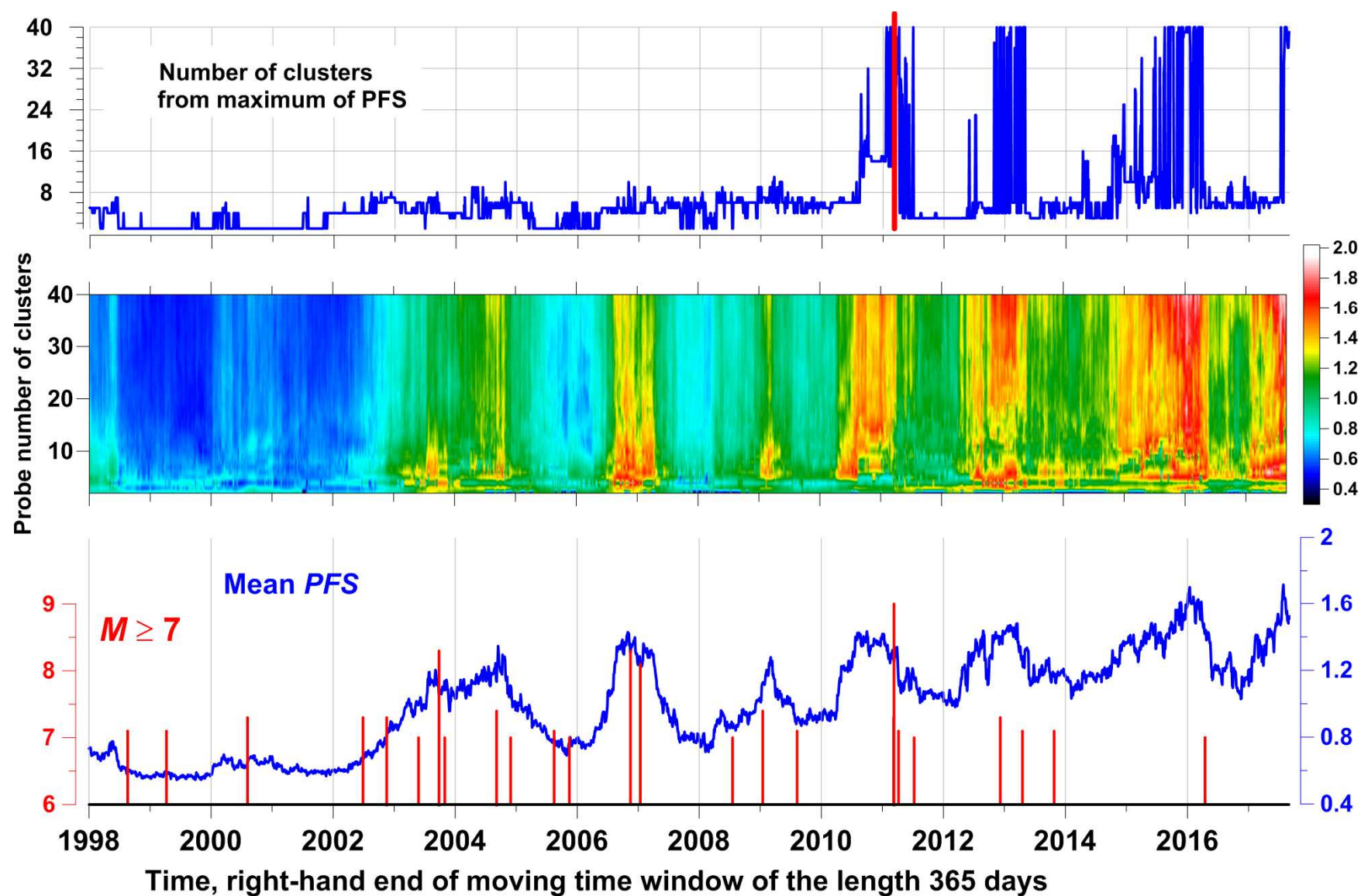
Γ_r , $r = 1, \dots, q$ – splitting of N vectors η_t within 1-years windows to q clusters; $2 \leq q \leq 40$

$z_0 = \sum_{t=1}^N \eta_t / N$ – mean vector of the whole 1-years cloud of the principal components;

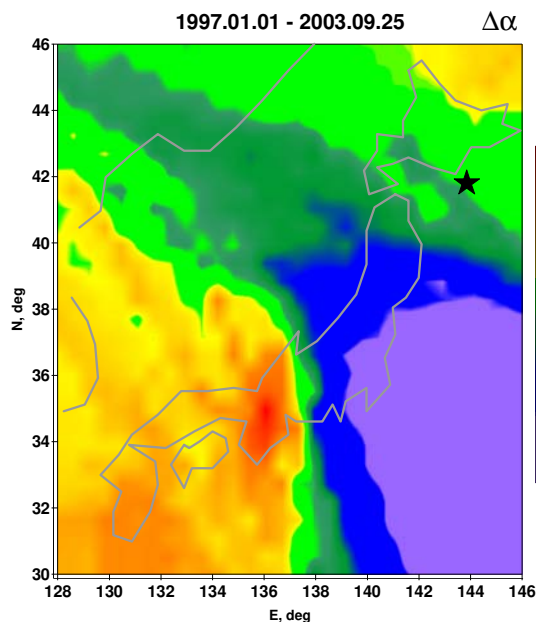
$z_r = \sum_{\eta_t \in \Gamma_r} \eta_t / n_r$ – mean vector of the cluster Γ_r ; $\sum_{r=1}^q n_r = N$

$$PFS(q) = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_0^2}, \quad \sigma_0^2(q) = \frac{\sum_{r=1}^q \sum_{\eta_t \in \Gamma_r} |\eta_t - z_r|^2}{N - q}, \quad \sigma_1^2(q) = \frac{\sum_{r=1}^q \nu_r \cdot |z_r - z_0|^2}{q - 1}, \quad \nu_r = \frac{n_r}{N}$$

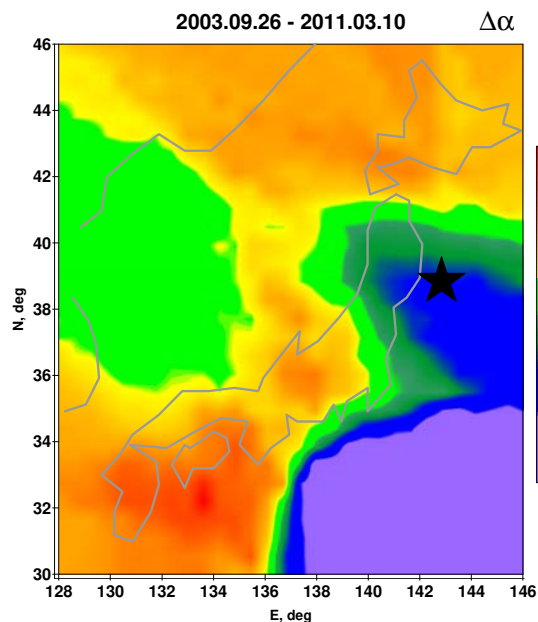
Кластерный анализ мульти-фрактальных свойств и энтропии сейсмического шума в скользящем временном окне



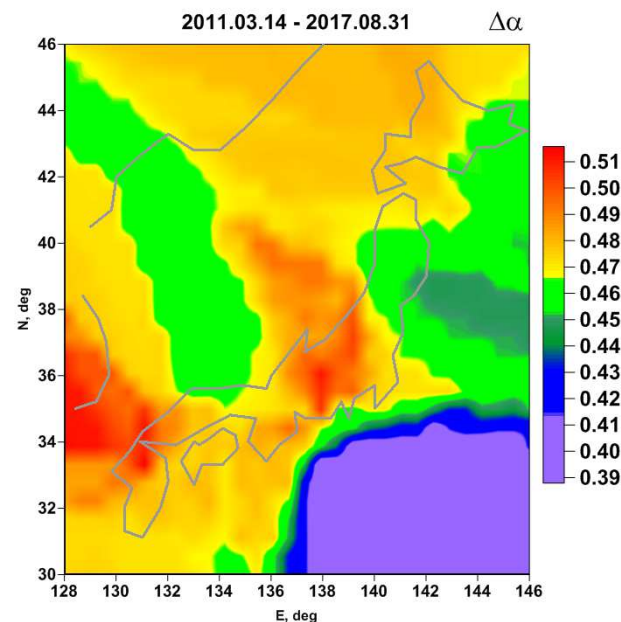
**Карты пространственного распределения ширины носителя спектра сингулярности $\Delta\alpha$.
Области относительно низких значений $\Delta\alpha$ («синие» и «фиолетовые» области) выделяют области повышенной опасности.**



От начала 1997 (начало работы системы F-net) по 25.09.2003: область будущей сейсмической катастрофы характеризуется относительно низкими значениями $\Delta\alpha$ и она еще не разделена на Северную и Южную части.

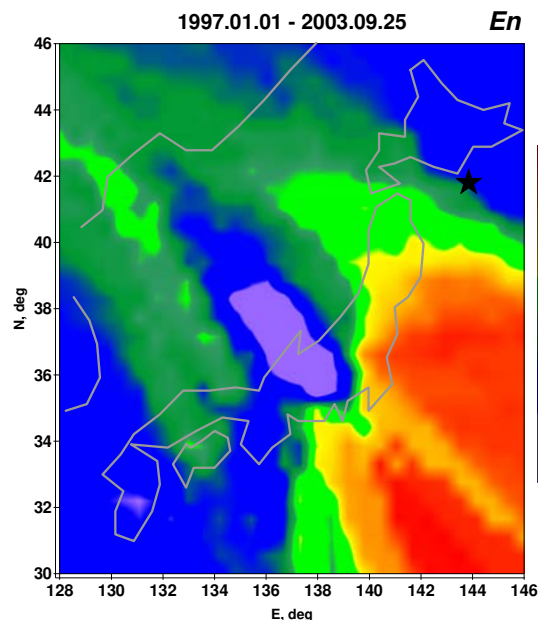


От начала 26.09.2003 по 10.03.2011: область будущей катастрофы 11.03.2011 характеризуется относительно низкими значениями $\Delta\alpha$ и ранее существовавшая единая область низких $\Delta\alpha$ распалась на Северную и Южную части.

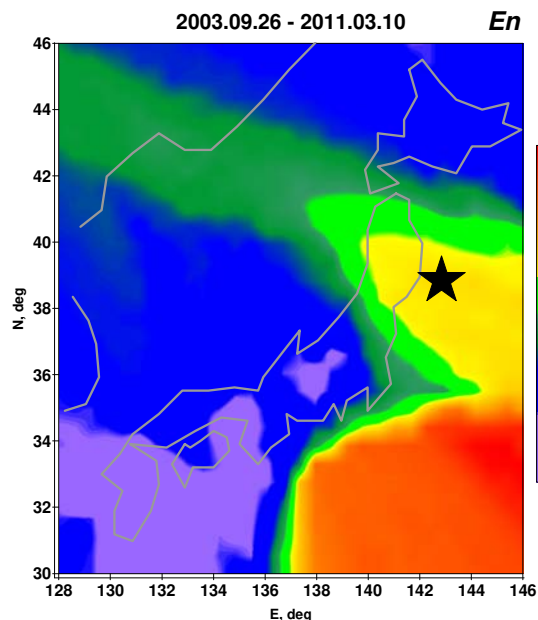


От 14 марта 2011 г. по 31 августа 2017 г. включит.: Северная часть низких значений $\Delta\alpha$ реализовалась как область Великого Японского Землетрясения 11.03.2011, $M=9.0$, тогда как Южная часть по прежнему характеризуется относительно низкими значениями $\Delta\alpha$ и представляет опасность как регион будущего землетрясения с магнитудой свыше 8.5.

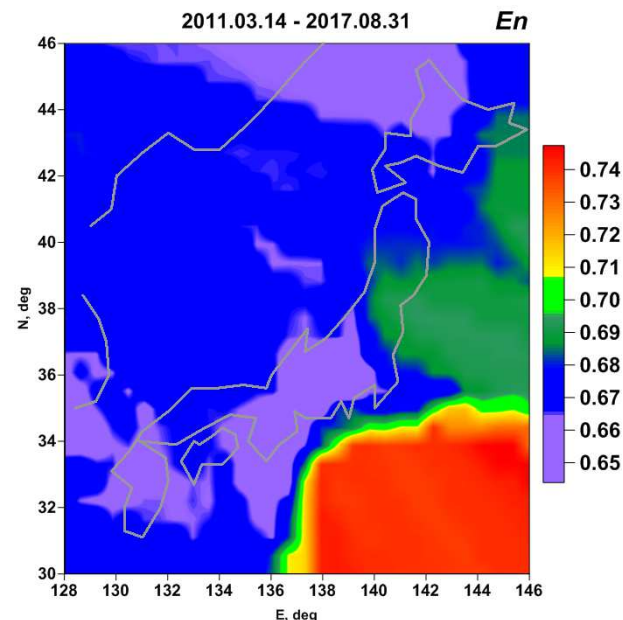
Карты нормализованной энтропии распределения квадратов вейвлет-коэффициентов волновых форм сейсмического шума. Для каждой станции и для каждого дня определялся «наилучший» орт. вейвлет из условия минимума энтропии распределения квадратов его коэффициентов.



От начала 1997 (начало работы системы F-net) по 25.09.2003: область будущей сейсмической катастрофы характеризуется относительно высокими значениями энтропии и она еще не разделена на Северную и Южную части.

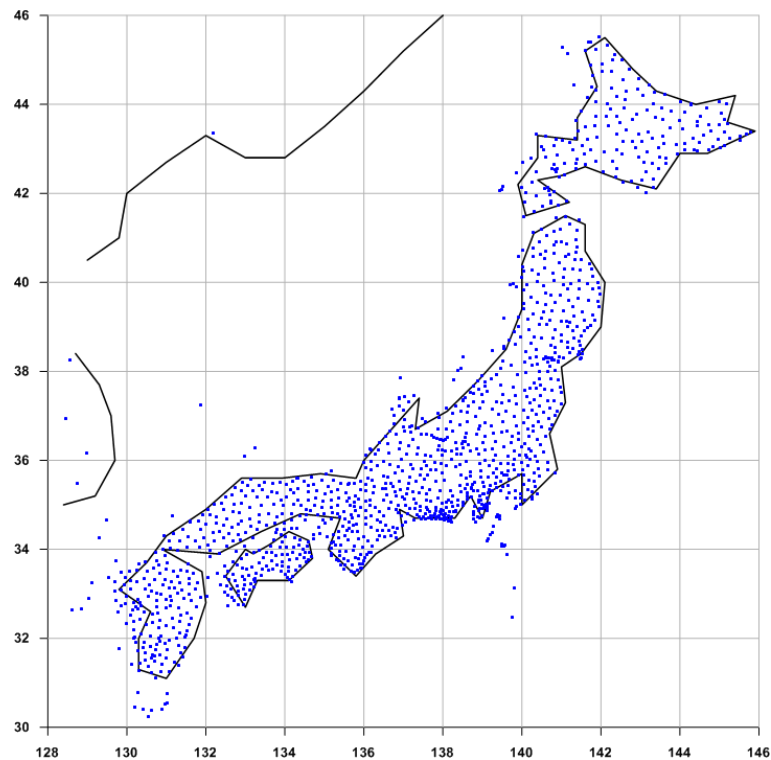


От 26.09.2003 по 10.03.2011: область будущей катастрофы 11.03.2011 характеризуется относительно высокими значениями энтропии и ранее существовавшая единая область больших значений энтропии распалась на две части.

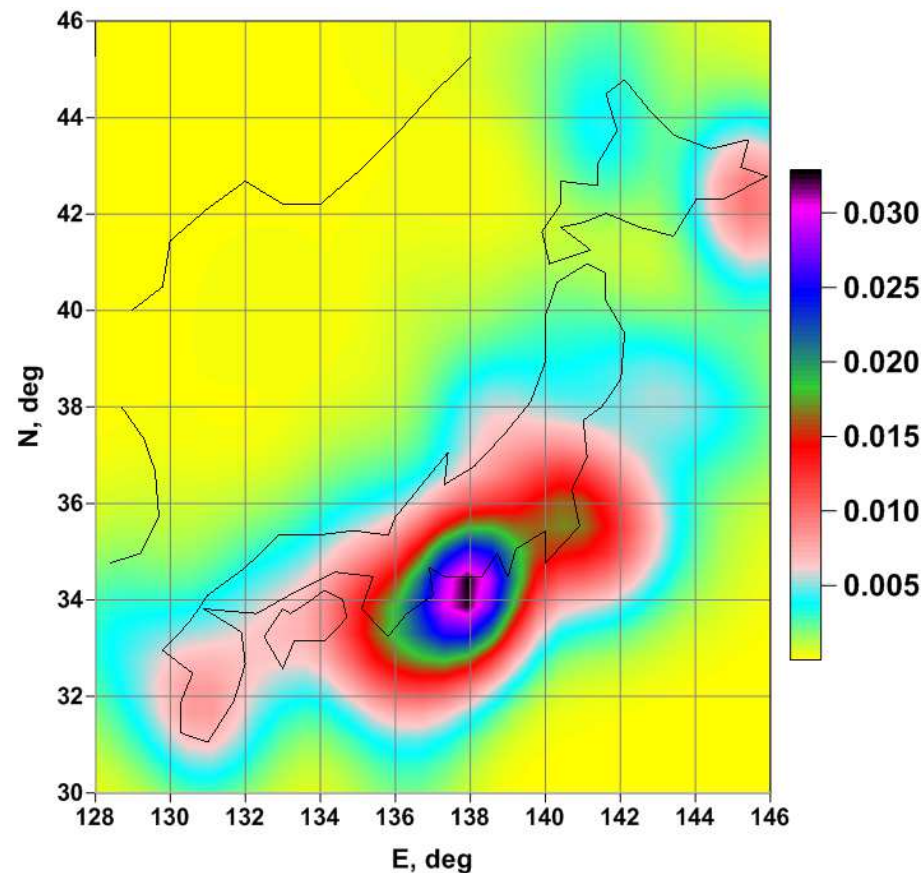


От 14 марта 2011 г. по 31 августа 2017 г. включит.: Северная часть высоких значений энтропии реализовалась как область Великого Японского Землетрясения 11.03.2011, $M=9.0$, тогда как Южная часть по прежнему характеризуется относительно высокими значениями энтропии и представляет опасность как регион будущего землетрясения с магнитудой свыше 8.5.

Сеть 1337 станций GPS на Японских островах, наблюдения с 03.03.2015 по 28.08.2017, $\Delta t = 5$ минут.



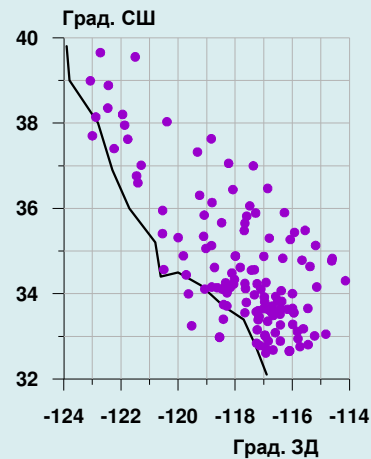
Ядерная оценка распределения по пространству чисел попаданий максимумов максимального значения спектральной множественной меры когерентности шума временных рядов GPS совместно по всем компонентам E, N, Z, в узлы регулярной сети размером 30x30.



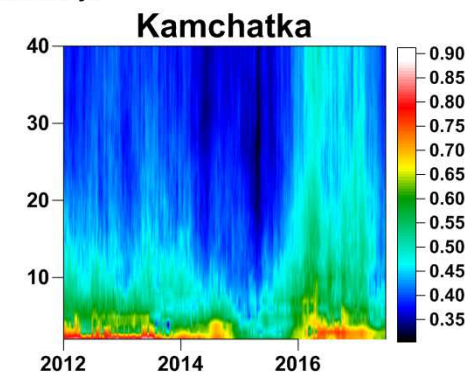
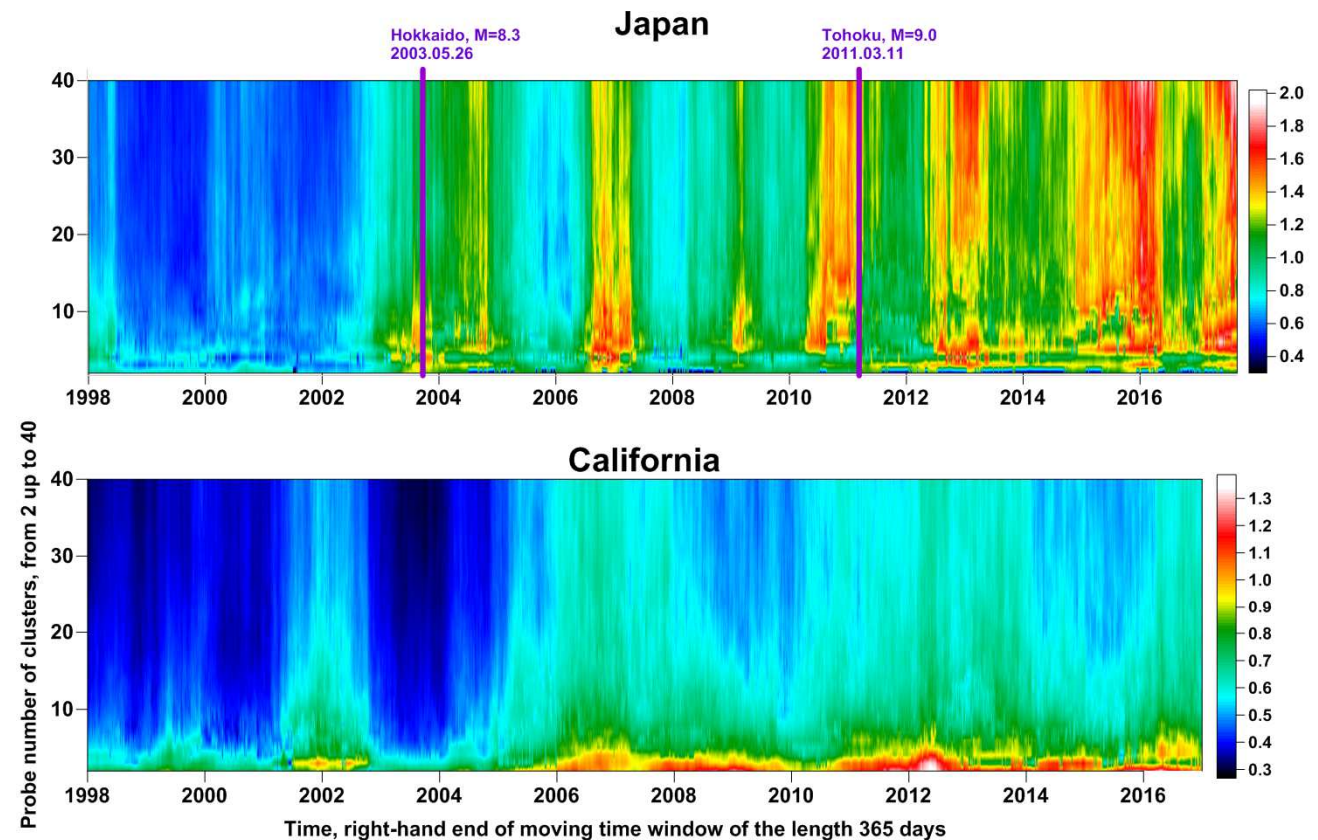
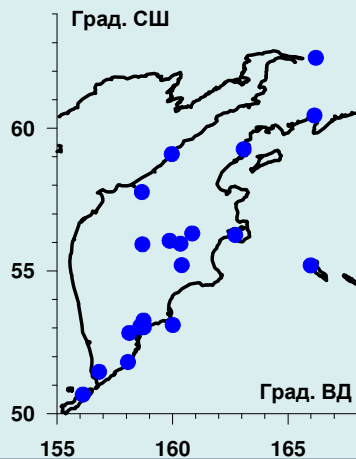
Наиболее часто максимум когерентности шума реализуется в районе желоба Нанкай в пятне с центром в точке (34N,138E)

Совместно: карты псевдо-F-статистики для оценки текущей сейсмической опасности по свойствам сейсмического шума в Японии, Калифорнии и на Камчатке.

Положения 142 широкополосных сейсмических станций в Калифорнии



Положения 21 широкополосной сейсмической станции на Камчатке



Выводы

Наша гипотеза состоит в том, что карты псевдо-F-статистики, которые являются побочным продуктом процедуры кластерного анализа мультифрактальных свойств и энтропии сейсмического шума в скользящем временном окне, отражают естественные флуктуации сейсмической опасности в достаточно большом сейсмоактивном регионе.

Хаотический режим изменения «лучшего числа кластеров» совпадает с повышенными значениями PFS и могут предвещать сильные землетрясения.

С точки зрения предлагаемой гипотезы для Японии с 2003 г. установился режим естественных флуктуаций сейсмической опасности с периодом около 2 лет.

В частности предыдущий 2-годовой цикл предшествовал последнему сильному землетрясению Кумамото 14.04.2016, на юге Японии. Отсюда следует, что следующий 2018 год будет годом повышенной опасности для Японии, поскольку возобновился режим хаотических флуктуаций числа кластеров и среднее значение псевдо-F-статистики вновь начало расти.