

ИНСТИТУТ КОСМОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ  
РАДИОВОЛН ДВО РАН

КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# Оценка состояния геомагнитного поля на основе совмещения вейвлет-преобразования с радиальными нейронными сетями



**Жижкина Екатерина  
Андреевна**



**д.т.н. Мандрикова Оксана  
Викторовна**

Греция, о.Крит  
2014

# Классификация геомагнитных данных на основе кратно-масштабного вейвлет-анализа и радиальных нейронных сетей

## Этапы решения задачи:

1. На основе кратно-масштабного анализа отображаем геомагнитные данные в вейвлет-пространство и изучаем их структуру.
2. Выполняем построение примеров-образов для радиального слоя нейронных сетей.
3. Проектируем радиальные нейронные сети для различных компонент геомагнитных данных.
4. Формируем коллектив нейронных сетей по классификации входных образов и оценке состояния геомагнитного поля .

# Представление данных в вейвлет-пространстве на основе кратно-масштабного анализа (MRA)

$f_0(t)$  ← Исходные данные

$$f_0(t) = \sum_{j=-1}^{-m} g[2^j t] + f[2^{-m} t] \quad (1)$$

$f[2^{-m} t]$  - описывает тренд ряда

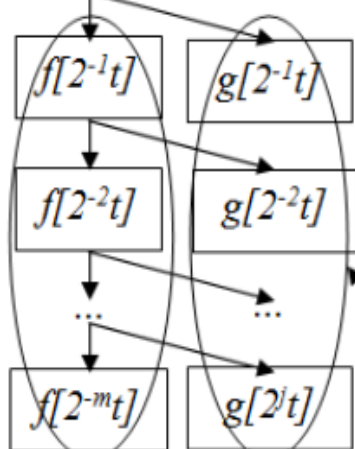
$$f[2^{-m} t] = \sum_k c_{-m,k} \phi_{-m,k}(t) \quad c_{-m,k} = \langle f, \phi_{-m,k} \rangle$$

$\phi_{-m,k}$  - скэйлинг-функция

$g[2^j t]$  - описывает возмущения

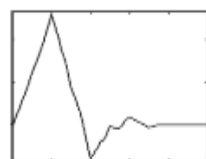
$$g[2^j t] = \sum_k d_{j,k} \Psi_{j,k}(t), \quad d_{j,k} = \langle f, \Psi_{j,k} \rangle,$$

$\Psi_{j,k}(t) = 2^{j/2} \Psi(2^j t - k)$  - вейвлет базис

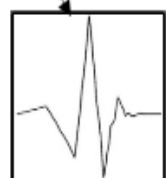


Детализирующие компоненты

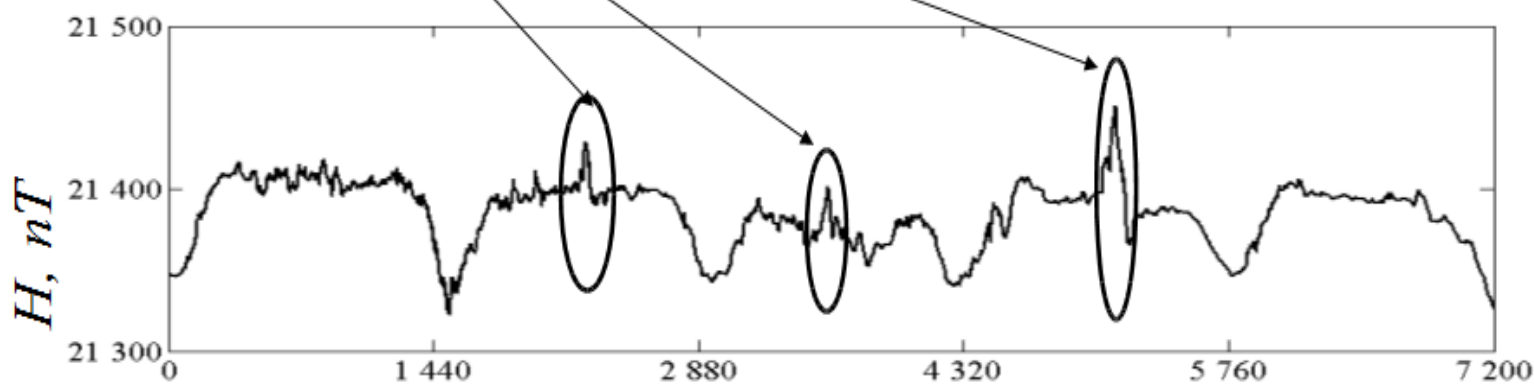
Аппроксимирующие компоненты



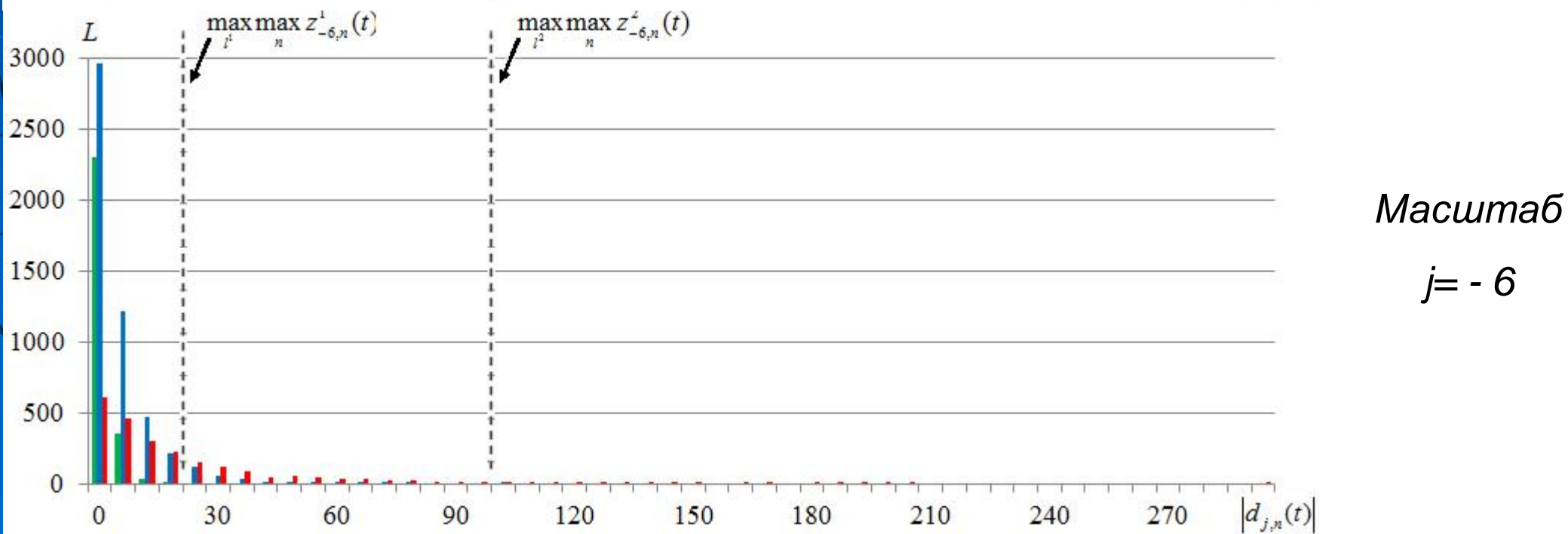
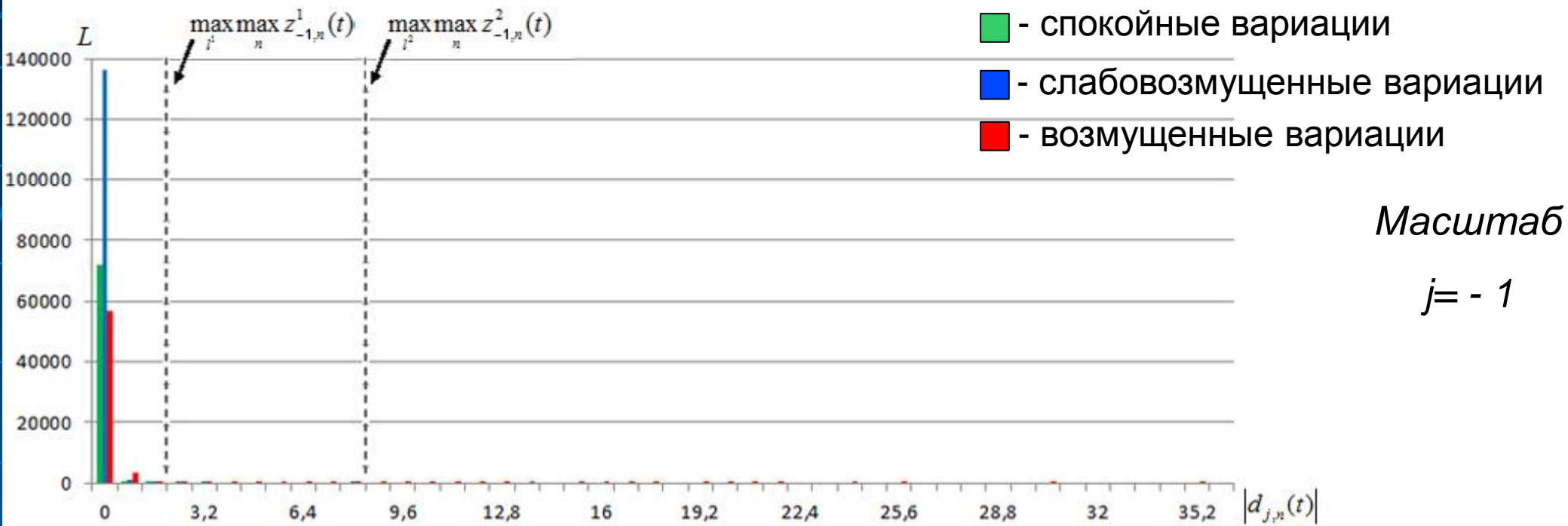
Скайлинг-функция



Вейвлет-базис

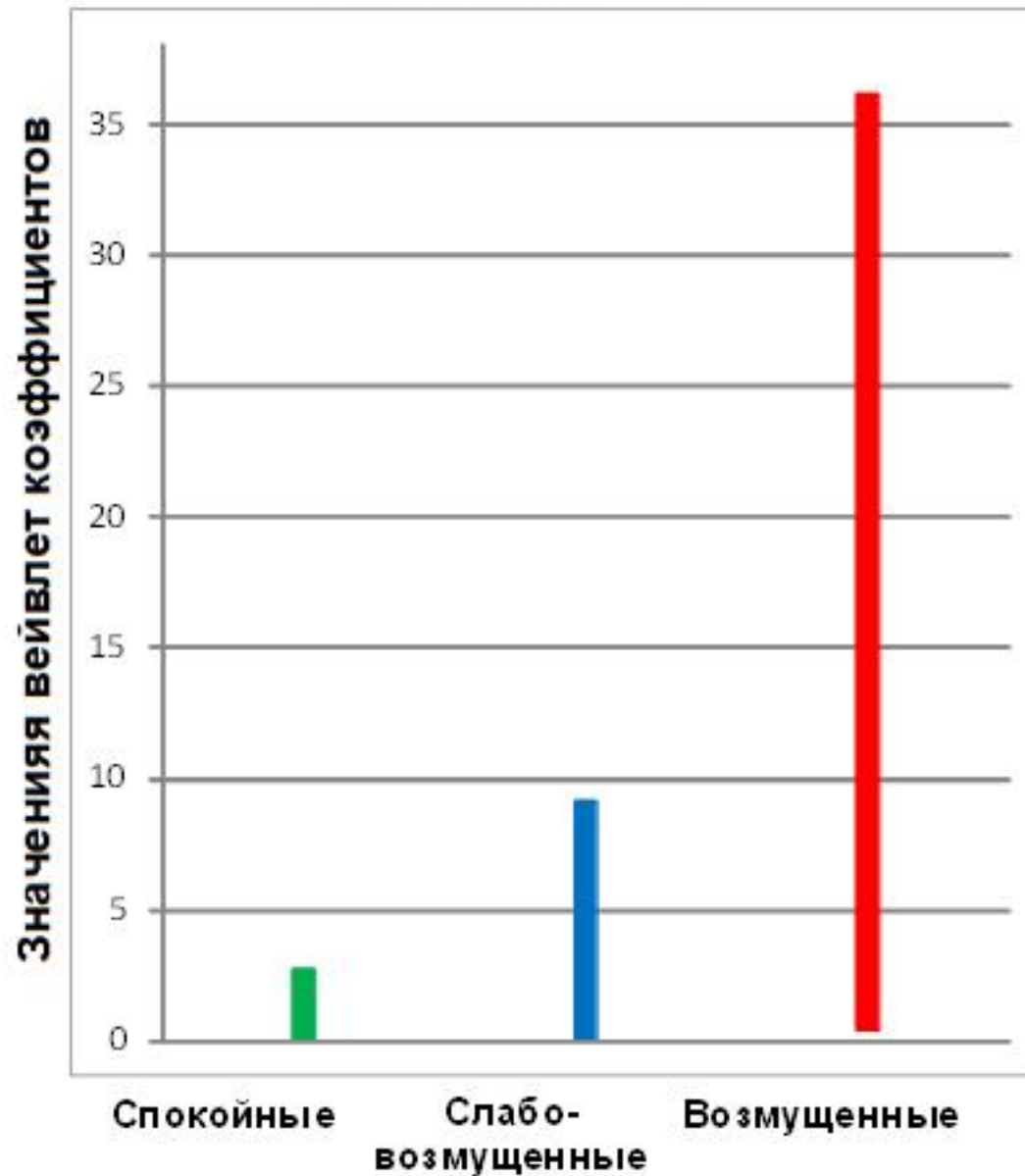


# Распределения абсолютных значений вейвлет-коэффициентов детализирующих компонент вариаций геомагнитного поля

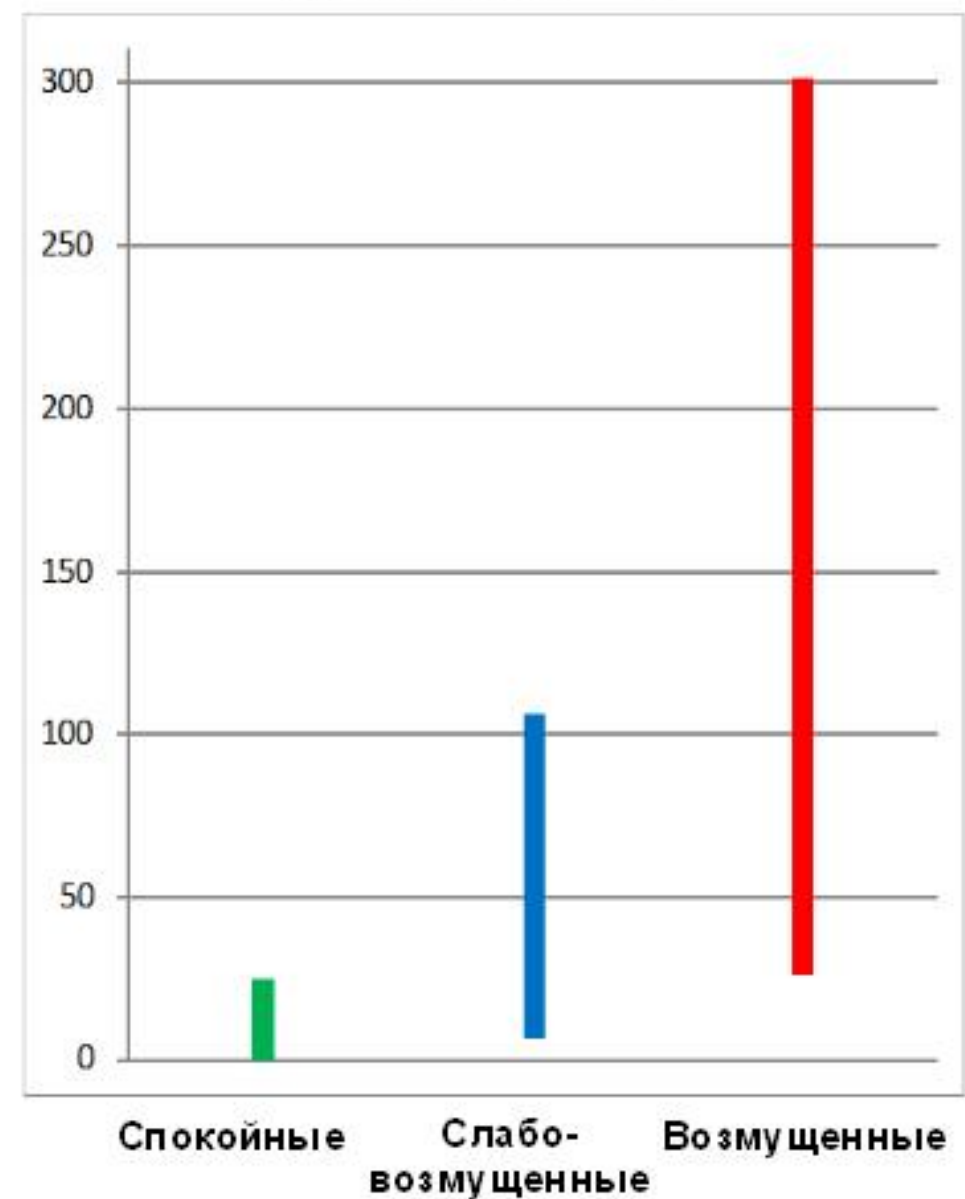


# Диапазоны максимальных значений амплитуд вейвлет-коэффициентов детализирующих компонент

Масштаб  $j = -1$



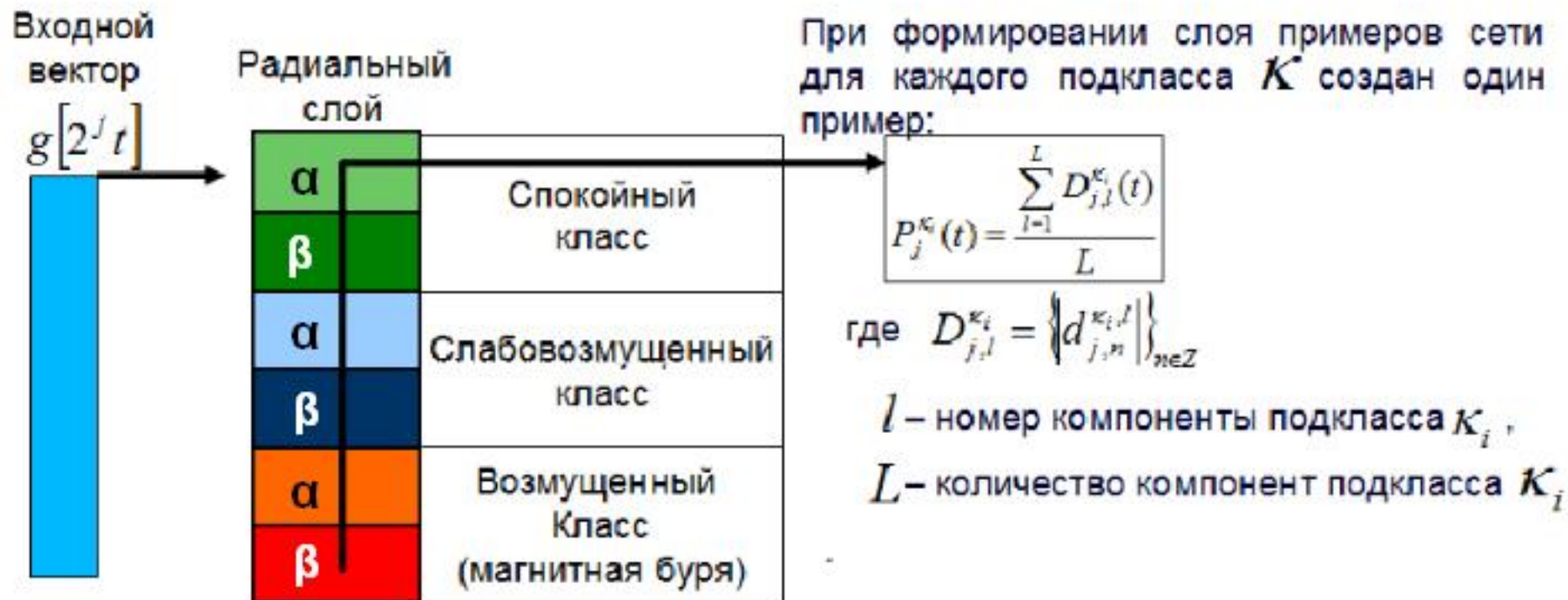
Масштаб  $j = -6$





# Радиальные нейронные сети

## Разработанная структура нейронной сети коллектива



### Подклассы:

для 1 класса

« $\alpha$ -спокойные»:  
 $\max_n |d_{j,n}(t)| \leq T_j^{\alpha_1}$   
 « $\beta$ -спокойные»:  
 $\max_n |d_{j,n}(t)| > T_j^{\alpha_1}$

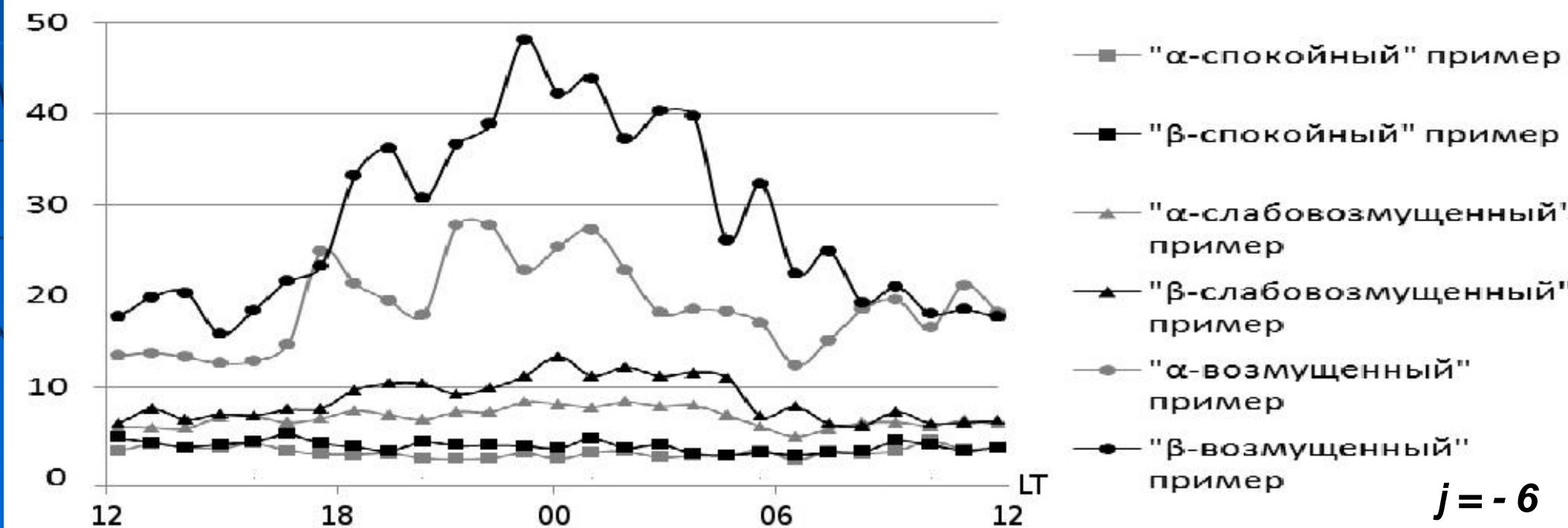
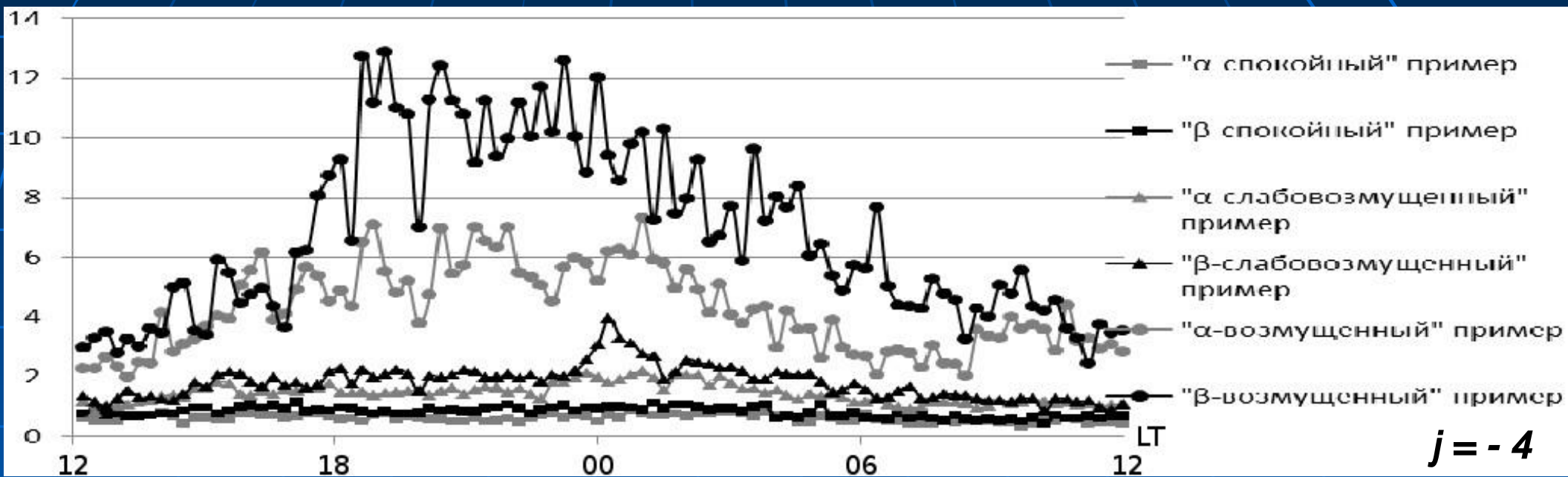
для 2 класса:

« $\alpha$ -слабовозмущенные»:  
 $\max_n |d_{j,n}(t)| \leq T_j^{\alpha_2}$ ;  
 « $\beta$ -слабовозмущенные»  
 $\max_n |d_{j,n}(t)| > T_j^{\alpha_2}$

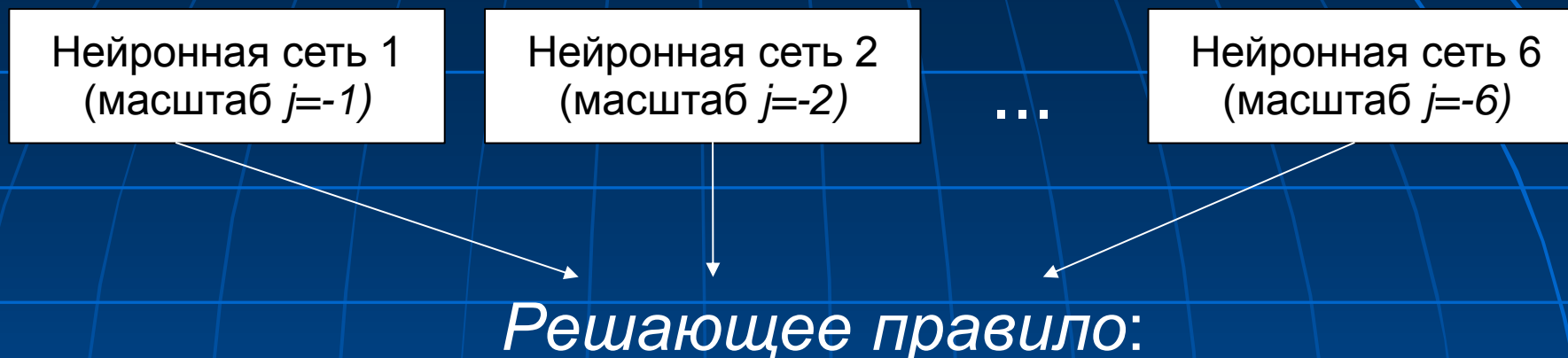
для 3 класса:

« $\alpha$ -возмущенные»:  
 $\max_n |d_{j,n}(t)| \leq T_j^{\alpha_3}$ ;  
 « $\beta$ -возмущенные»:  
 $\max_n |d_{j,n}(t)| > T_j^{\alpha_3}$

# Примеры-образы подклассов радиальной нейронной сети для $j=-4$ и $j=-6$



# Коллектив нейронных сетей



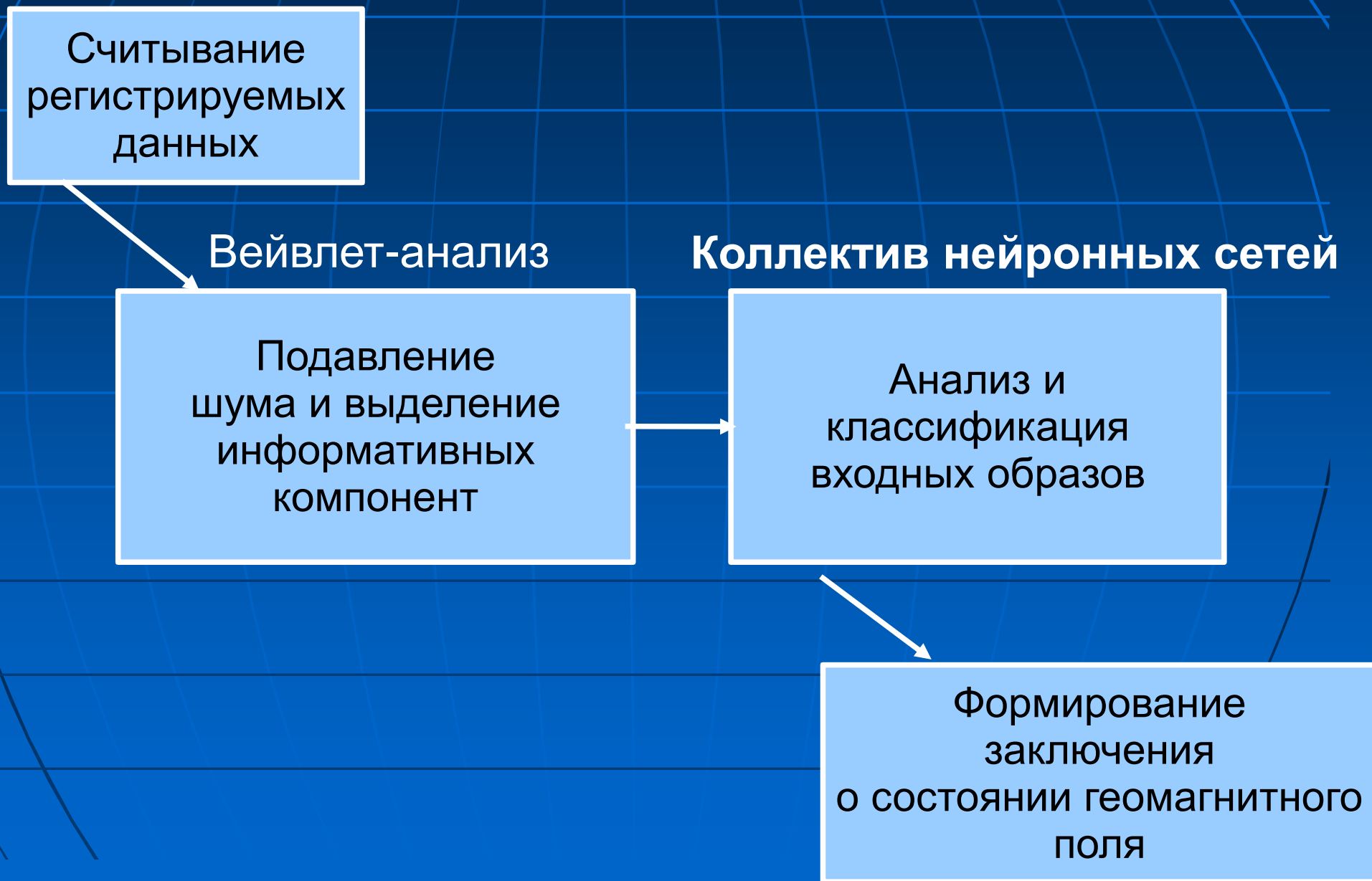
1) если все компоненты имеют «спокойное» состояние, либо только одна компонента является «слабовозмущенной», то будем считать, что вариация является «спокойной» (соответствует спокойному состоянию геомагнитного поля);

2) если хотя бы одна из компонент вейвлет-преобразования имеет «возмущенное» состояние, то будем считать, что вариация является «возмущенной» (соответствует возмущенному состоянию геомагнитного поля);

3) в остальных случаях будем считать, что вариация имеет «слабовозмущенное» состояние (соответствует «слабовозмущенному» состоянию геомагнитного поля).

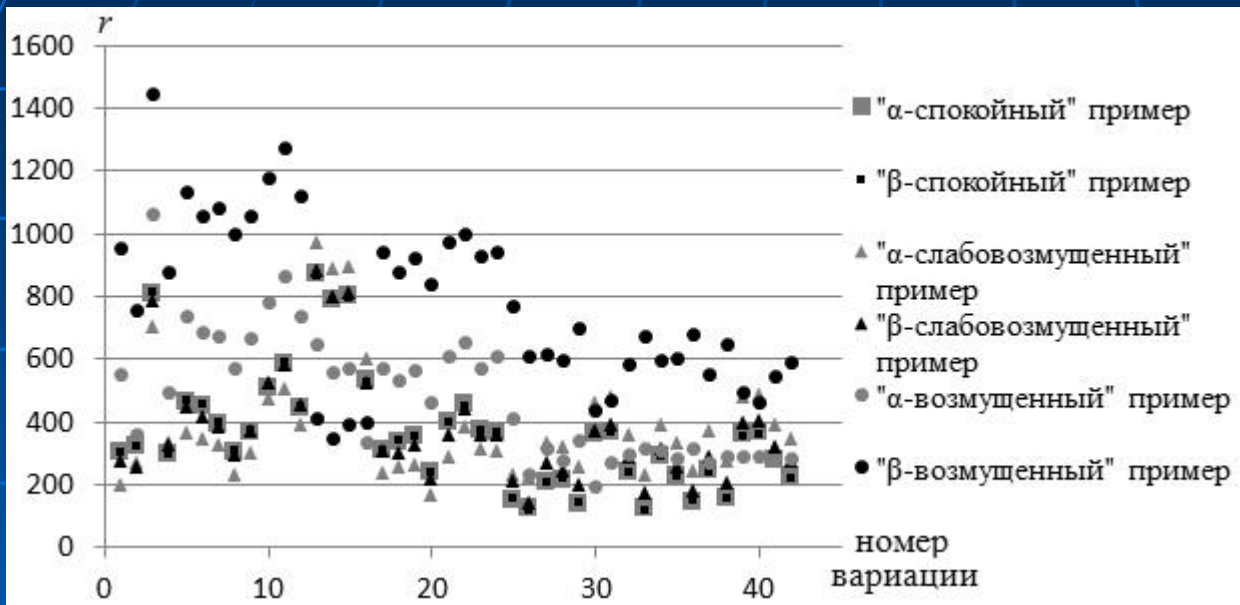


# Схема работы системы по классификации данных и оценке состояния геомагнитного поля

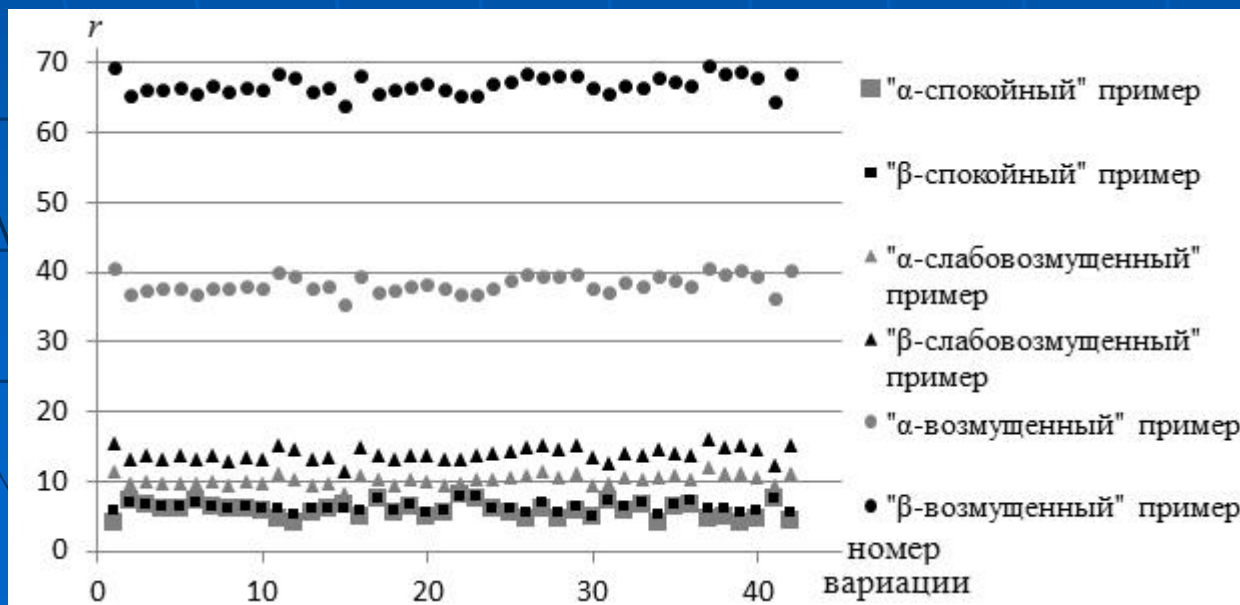


# Результаты экспериментов

Состояния нейронов радиального слоя нейронных сетей при подаче на вход « $\alpha$ -спокойных» вариаций

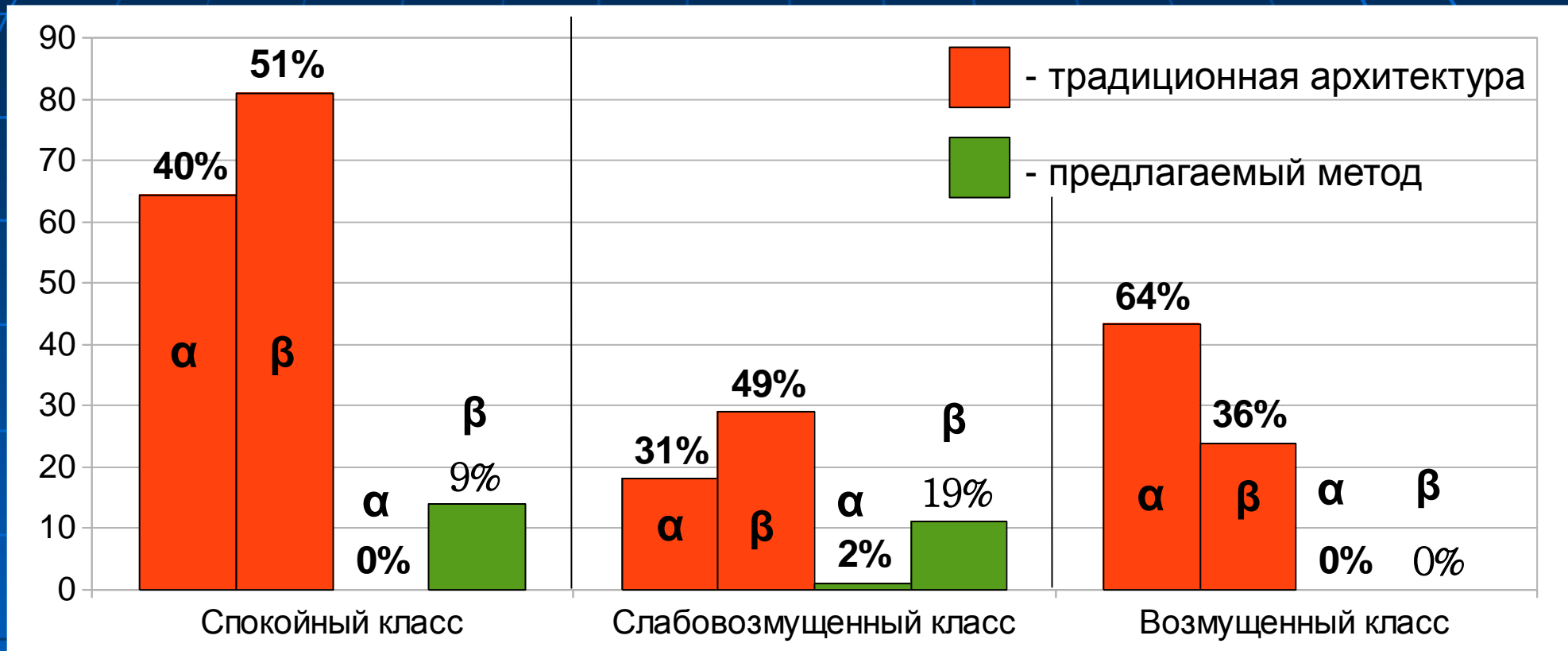


Традиционная нейронная сеть (без применения вейвлет-преобразования)



Нейронная сеть для компонента масштаба  $j = -4$

# Погрешность определения класса

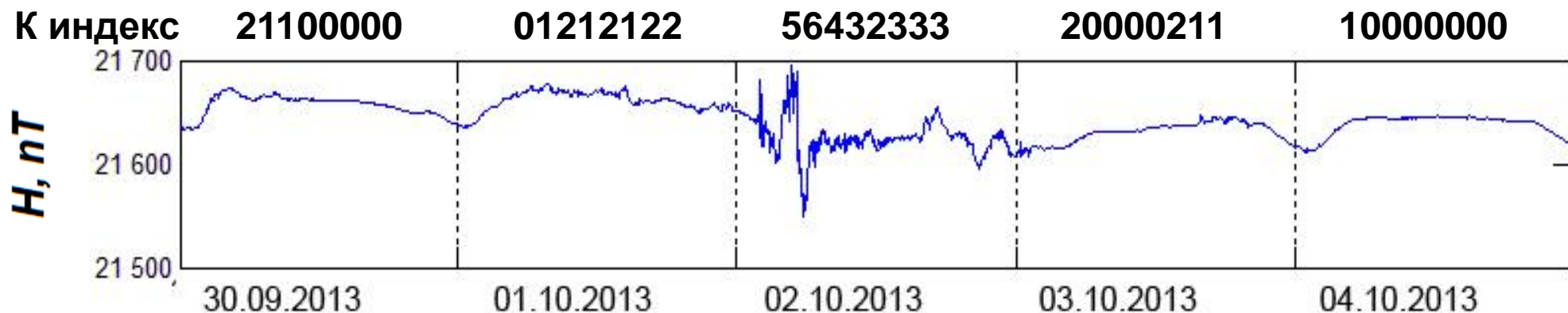


**Общая погрешность классификации:**

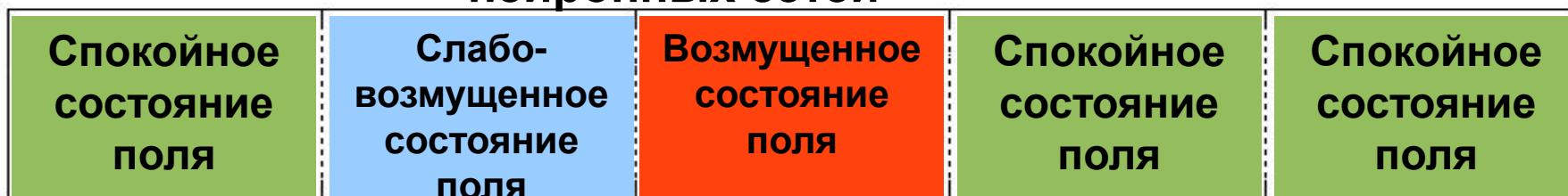
Традиционная архитектура сети — 41,22%

Предлагаемый метод – 5,05%

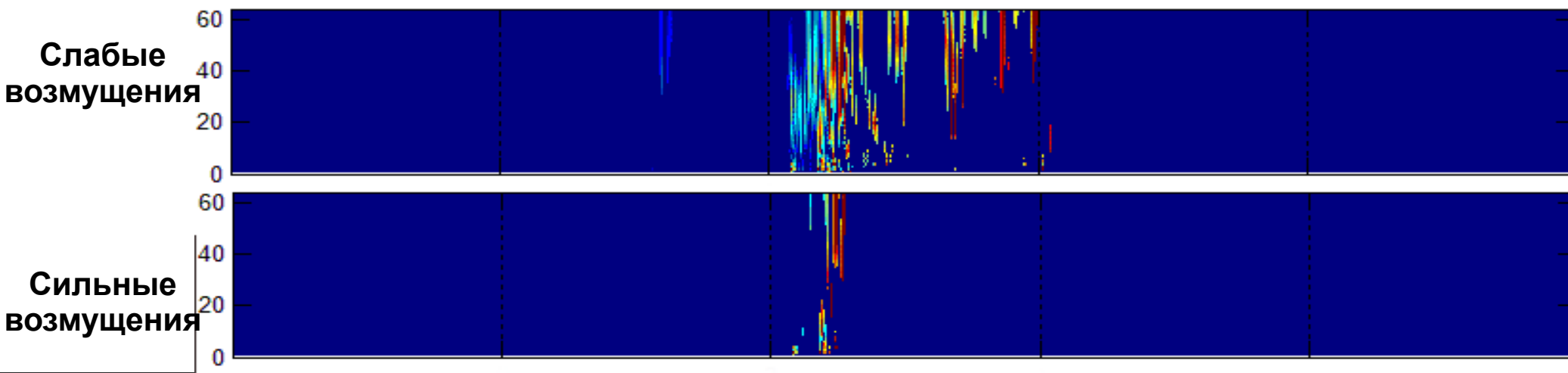
# Оценка состояния геомагнитного поля на основе предлагаемой системы



Результаты оценки состояния геомагнитного поля с помощью коллектива нейронных сетей



Результаты выделения возмущений на основе непрерывного вейвлет преобразования и порогов



# Оценка состояния геомагнитного поля на основе предлагаемой системы



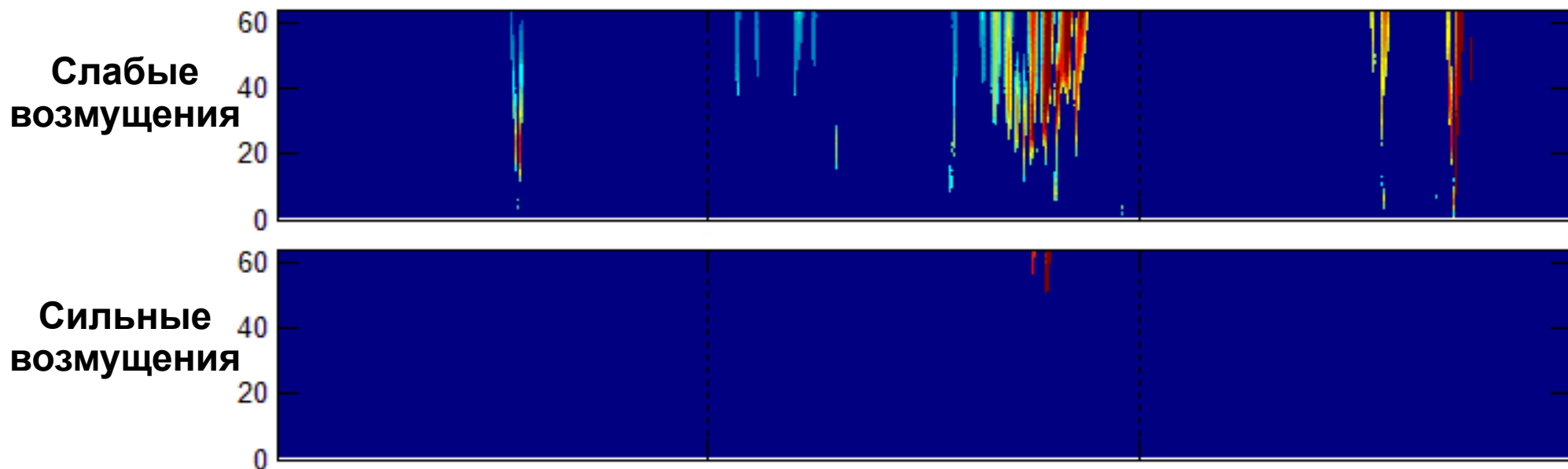
Результаты ценки состояния геомагнитного поля с помощью коллектива нейронных сетей

Слабовозмущенное  
состояние поля

Возмущенное  
состояние поля

Слабовозмущенное  
состояние поля

Результаты выделения возмущений на основе непрерывного вейвлет преобразования и порогов



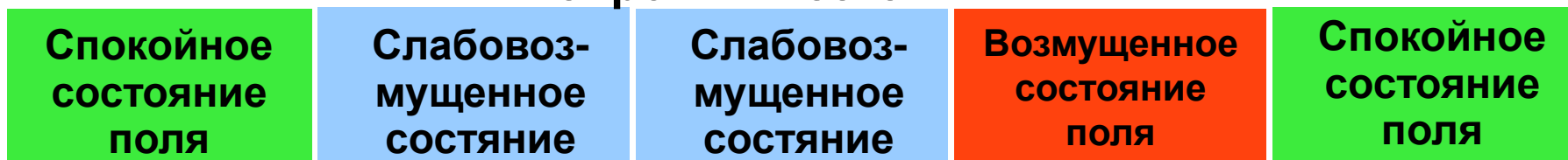


# Оценка состояния геомагнитного поля на основе предлагаемой системы

К индекс 32212012 33313211 21222222 25344222 01110101



Результаты ценки состояния геомагнитного поля с помощью коллектива нейронных сетей



Результаты выделения возмущений на основе непрерывного вейвлет преобразования и порогов

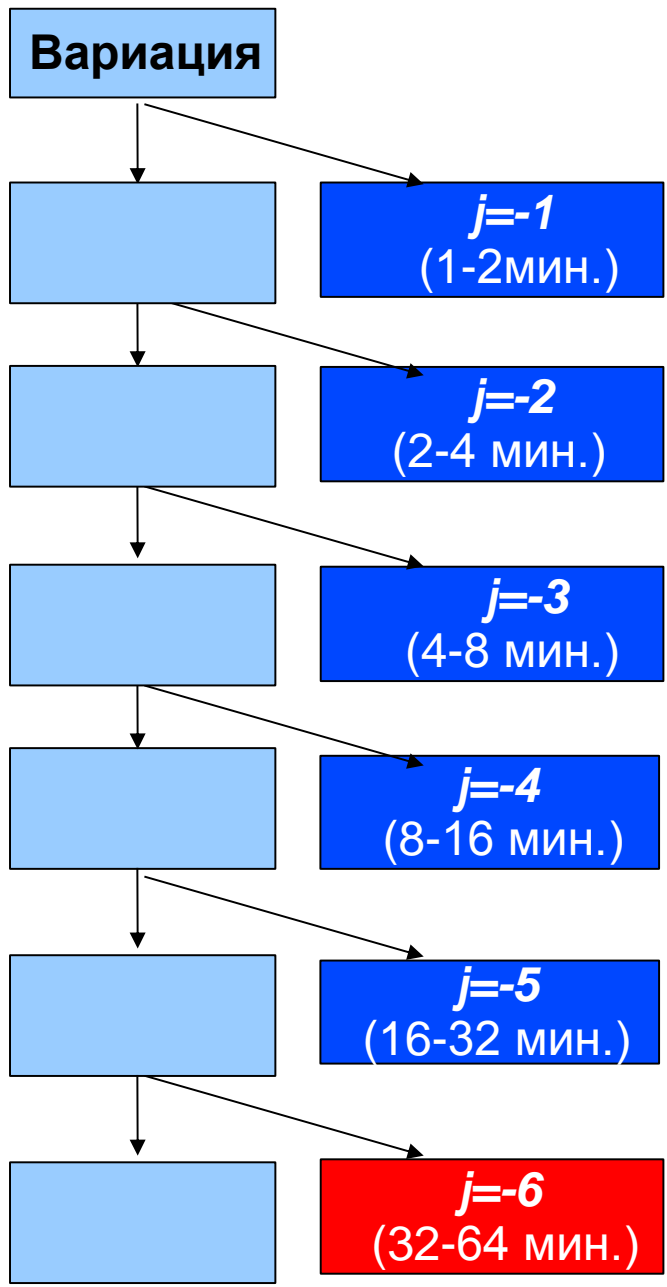
Слабые возмущения



Сильные возмущения



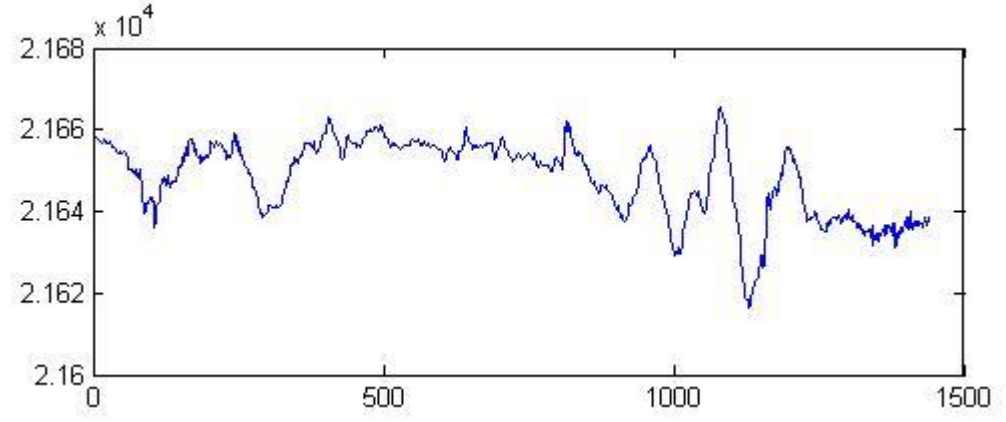
# Спектрально-временные особенности бури 14 декабря 2013 г.



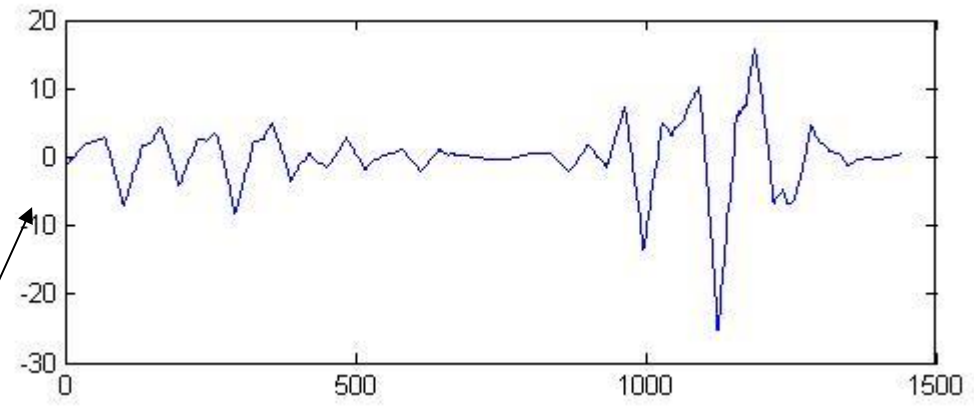
аппроксимирующие  
компоненты

детализирующие  
компоненты

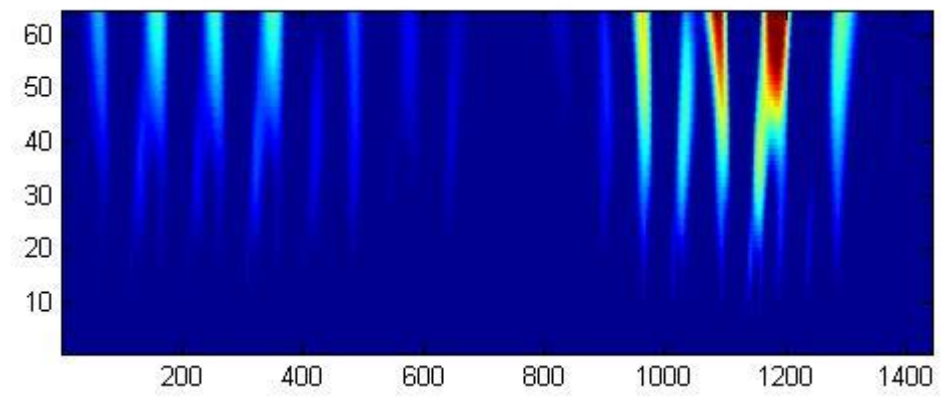
### Исходная вариация



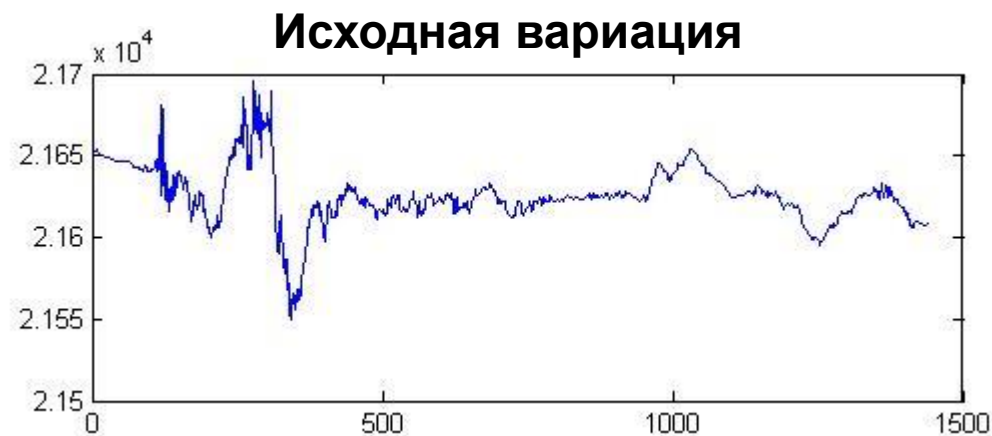
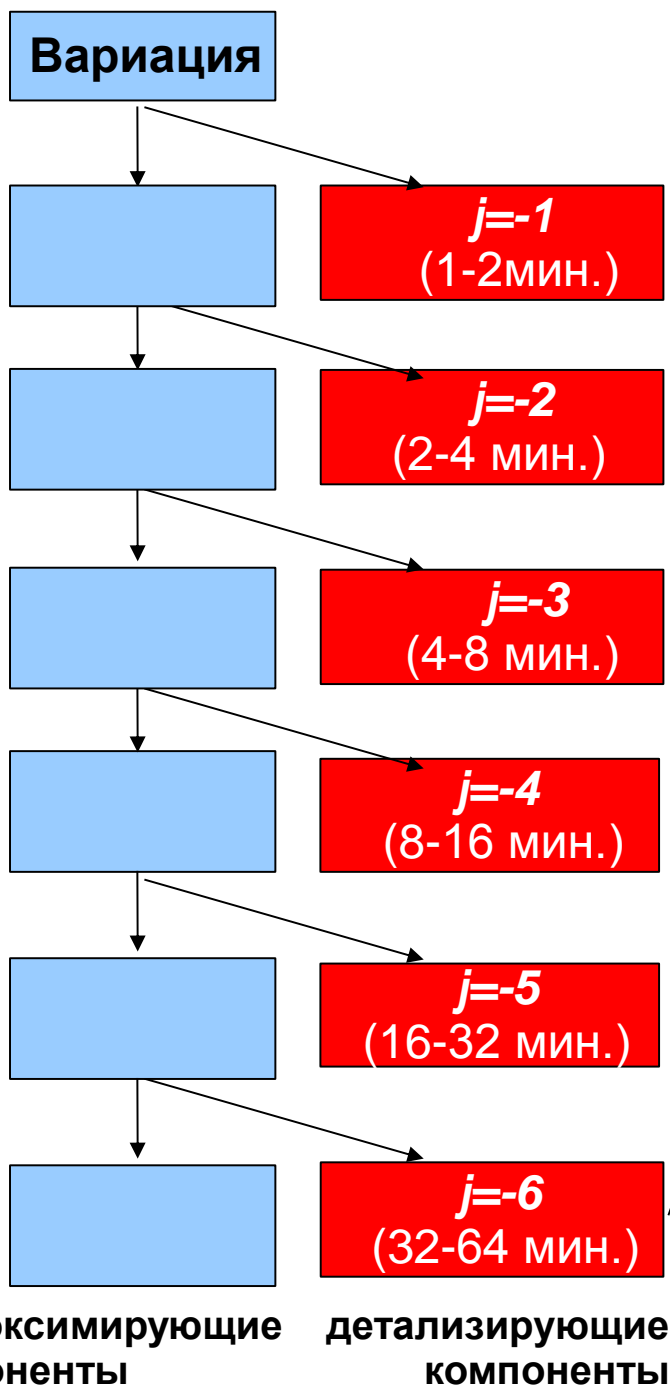
### Возмущенная компонента вариации поля



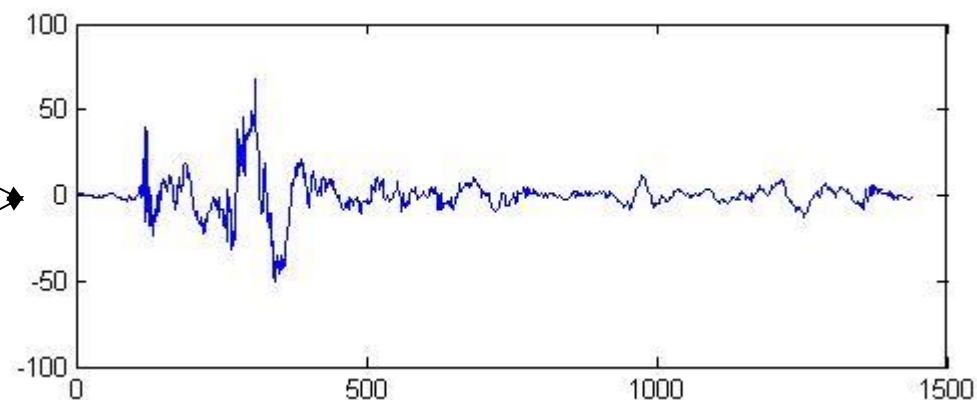
### Вейвлет-спектр возмущенной компоненты поля



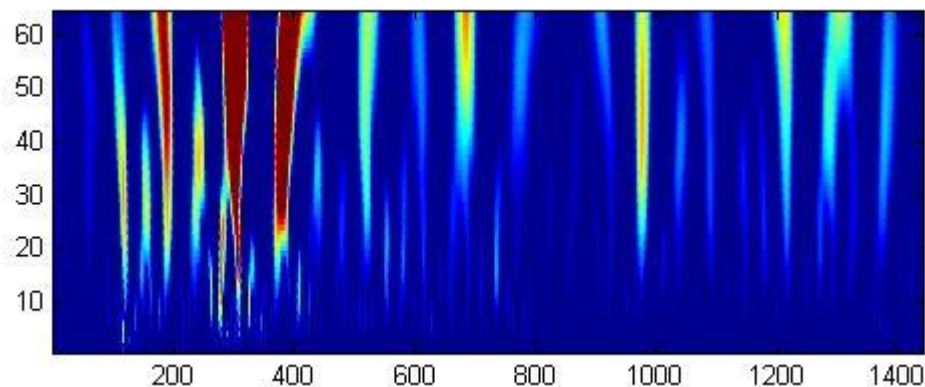
# Спектрально-временные особенности бури 2 октября 2013 г.



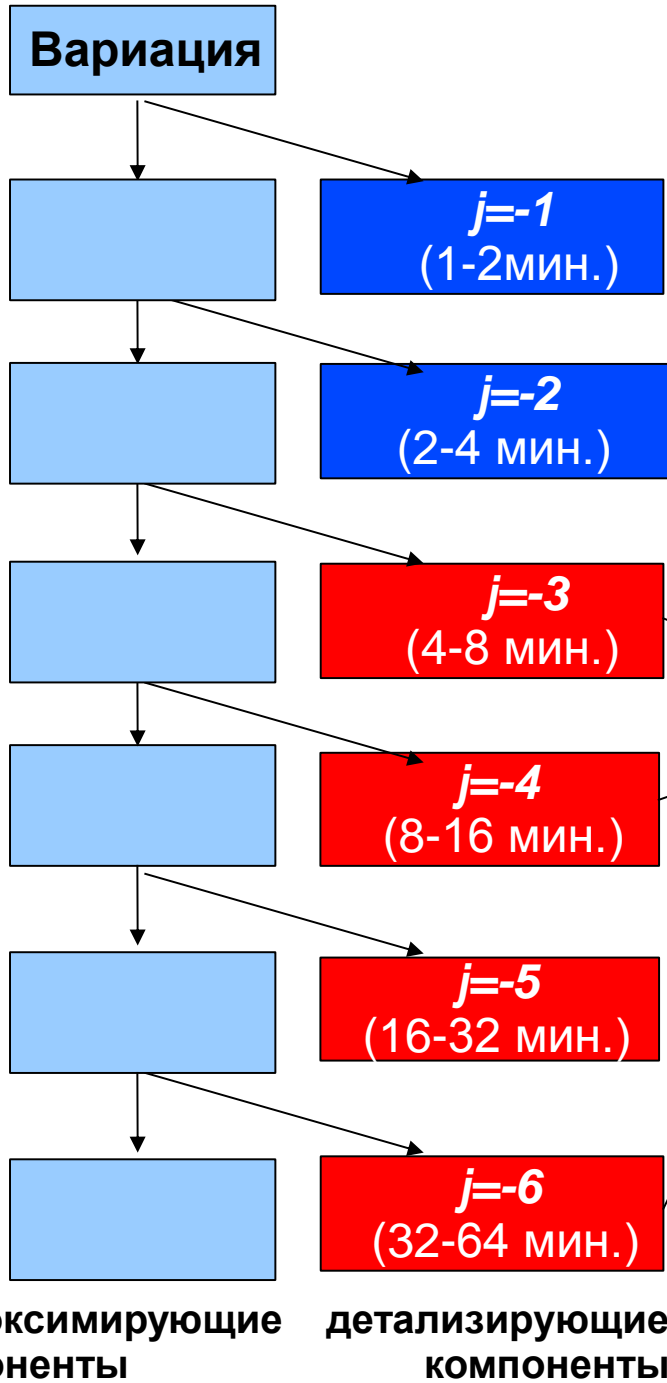
### Возмущенная компонента вариации поля



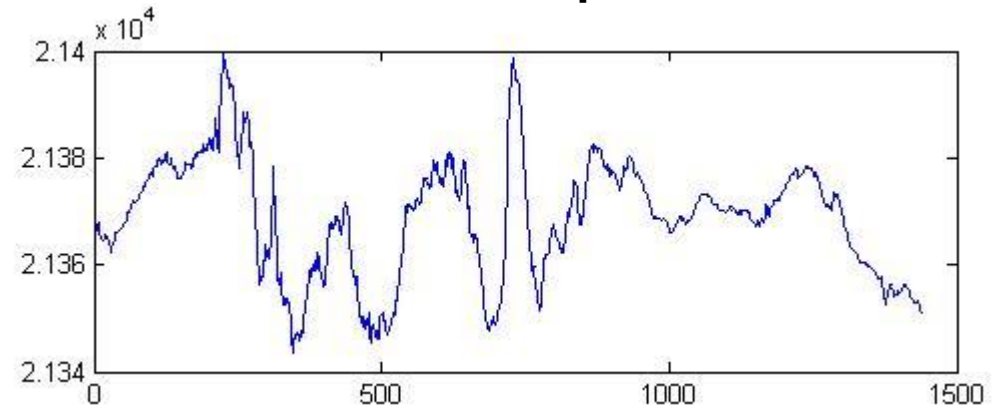
### Вейвлет-спектр возмущенной компоненты поля



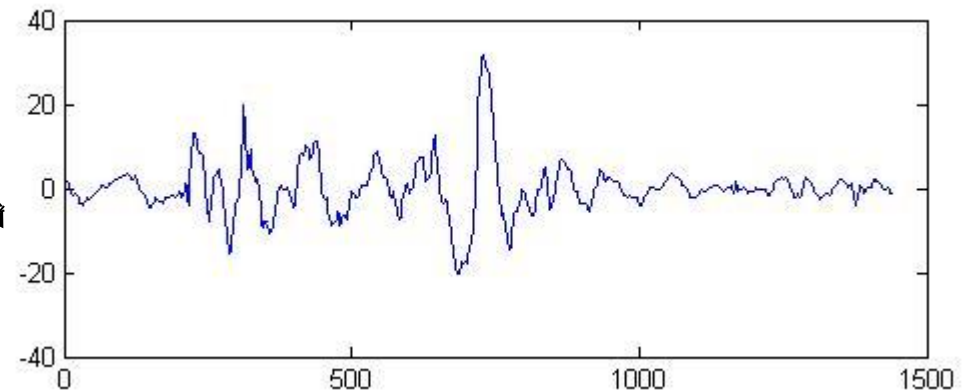
# Спектрально-временные особенности бури 20 апреля 2005г.



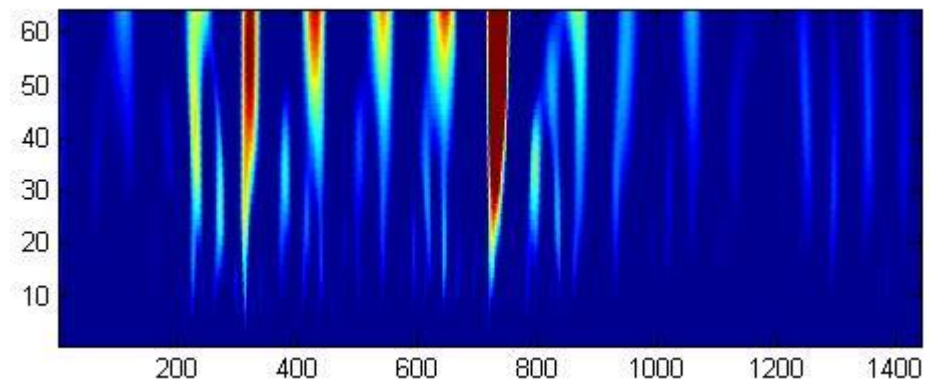
## Исходная вариация



## Возмущенная компонента вариации поля



## Вейвлет-спектр возмущенной



# Выводы

Предложенный метод позволяет определить состояние магнитного поля Земли в автоматическом режиме

Апробация метода, выполненная на данных станции «Паратунка» (Камчатский край), показала, что метод позволяет с высоким уровнем надежности выделить возмущения и классифицировать состояние геомагнитного поля

Применение метода в комплексе с другими средствами позволяет повысить качество процедуры автоматической обработки геомагнитных данных при проведении прогноза комической погоды



# Направления дальнейших исследований

1. Выполнение оценки работы системы по более представительной статистике.
2. Повышение оперативности прогноза возрастания геомагнитной активности.
3. Учет степени информативности компонент вейвлет разложения на основе весовых функций.

Работа выполнена при поддержке:

грант РФФ № 14-11-00194;

грант Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (программа «УМНИК») № 0006065.