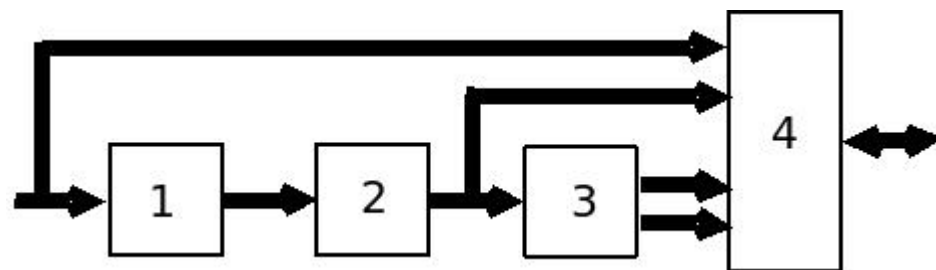


Исакевич В.В., Исакевич Д.В., Грунская Л.В.

# **О некоторых перспективах использования айгеноскопии при анализе и хранении сейсмических данных**

Айгеноскоп — анализатор собственных векторов и компонент сигнала — осуществляет анализ на конечном интервале анализа (КИА) с использованием адаптивного (определяемого самим сигналом) ортонормированного базиса (ОНБ) собственных векторов (СВ) ковариационной матрицы (КМ).

Анализатор собственных векторов и компонент сигнала (айгеноскоп).  
Полезная модель РФ № 116242RU.



1 - блок формирования ансамбля,

2 - блок вычислителя КМ,

3 - блок вычислителя СВ и СЗ,

4 - анализатор (в т.ч. спектроанализатор).

# Принципы айгеноскопии

Собственные векторы (СВ) и собственные значения (СЗ)

КМ (оцениваются по всему ВР на интервале анализа  $M$ ):

$$K|\psi_i\rangle = \lambda_i \cdot |\psi_i\rangle, \quad \langle \psi_i|K = \lambda_i \cdot \langle \psi_i|, \quad \langle \psi_i|K|\psi_i\rangle = \lambda_i, \quad i = \overline{1:M},$$

где  $K$  - КМ размера  $M \times M$ ,  $\lambda_i$  - СЗ КМ,  $|\psi_i\rangle$  и  $\langle \psi_i|$  -

СВ КМ, которые образуют ортонормированный базис,

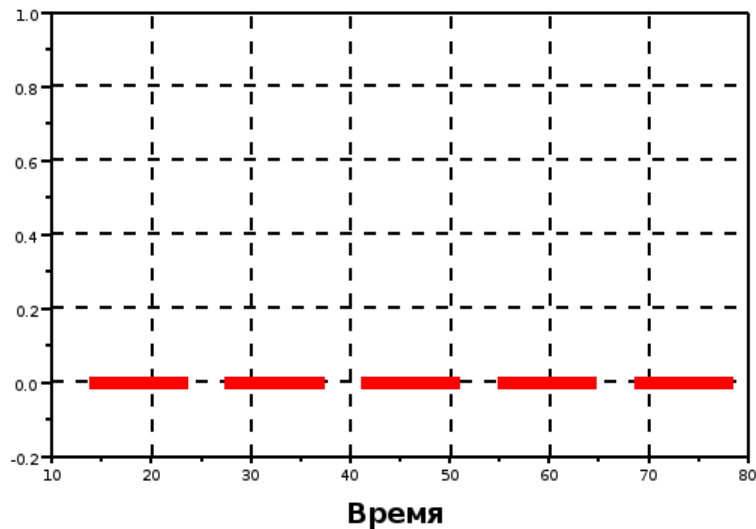
$$\langle \psi_i|\psi_j\rangle = \delta_{i,j}.$$

Поляризационное соотношение: 
$$K = \sum_{i=1}^M \lambda_i \cdot |\psi_i\rangle \cdot \langle \psi_i|.$$

# Формирование ансамбля

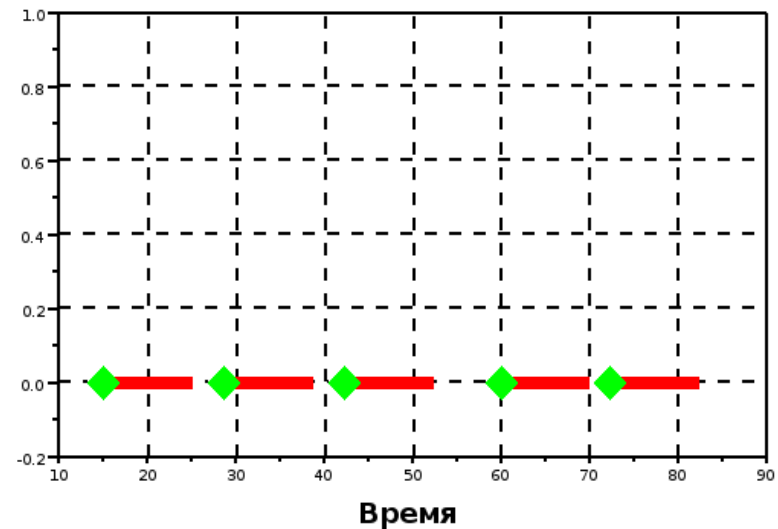
## Асинхронный ансамбль

Интервалы анализа следуют  
через фиксированный шаг



## Синхронный ансамбль

Интервалы анализа синхронизированы  
с определёнными событиями

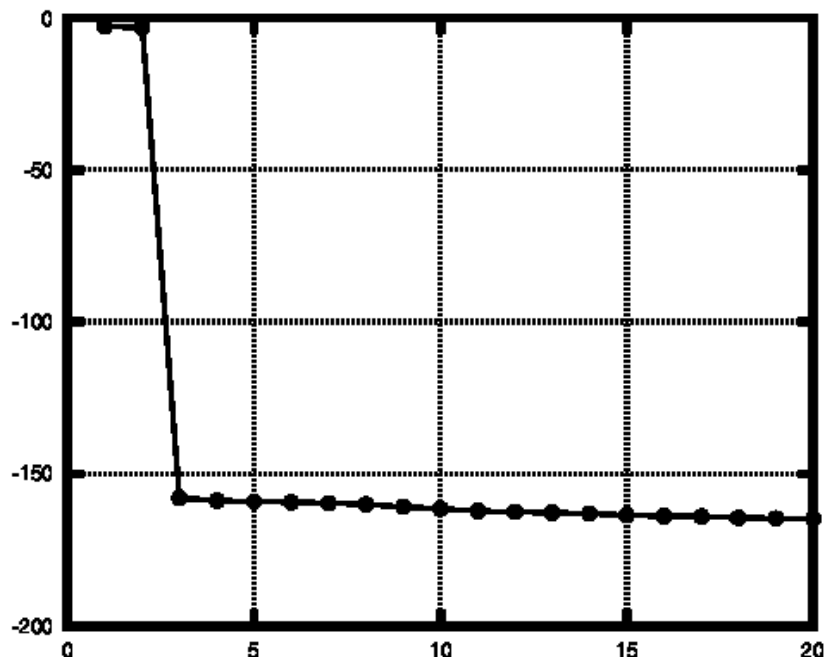


Частный случай (при шаге 1 отсчёт) —  
траекторная матрица (как в SSA).

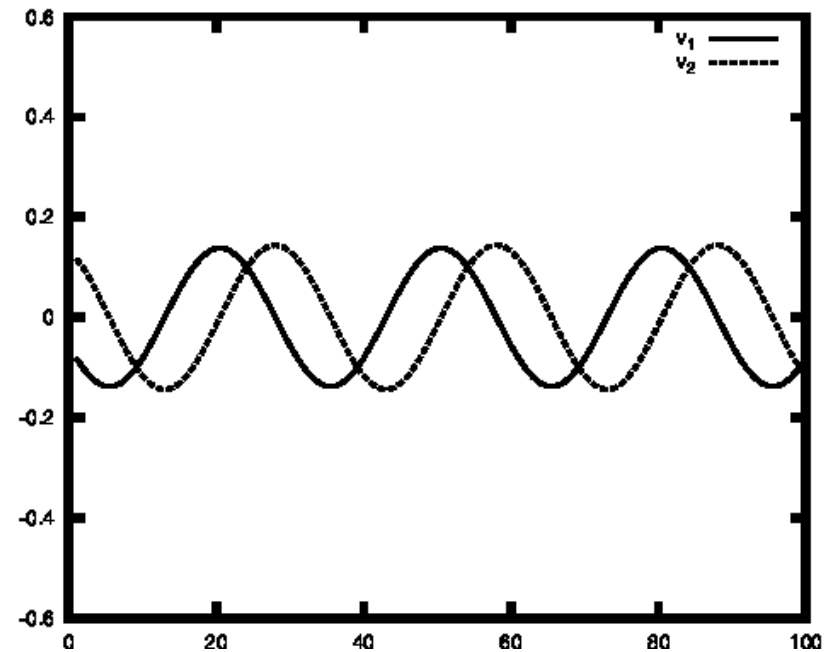
# **Типологии СВ и спектров СЗ**

# СВ и СЗ гармонического сигнала при использовании траекторной матрицы

Нормированный спектр  
собственных значений (НССЗ), дБ



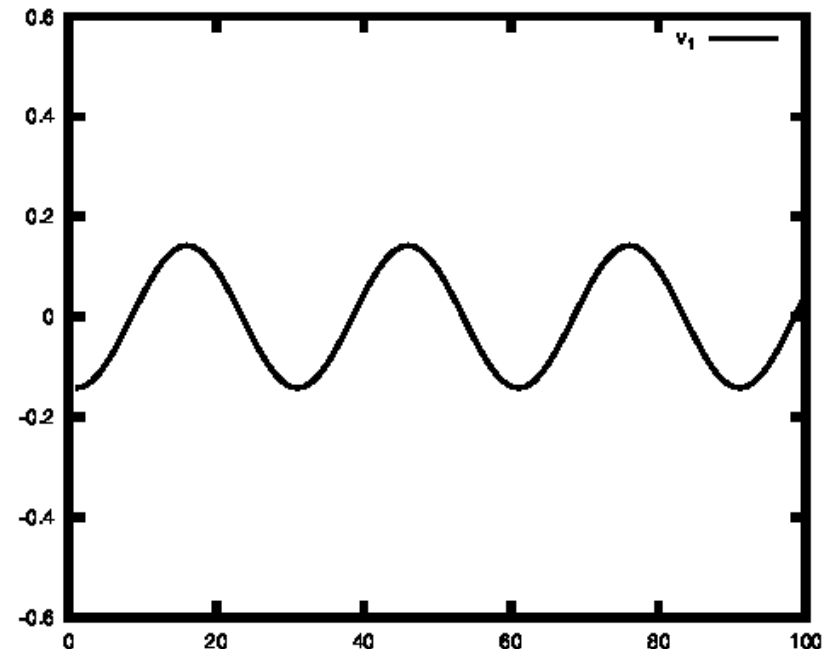
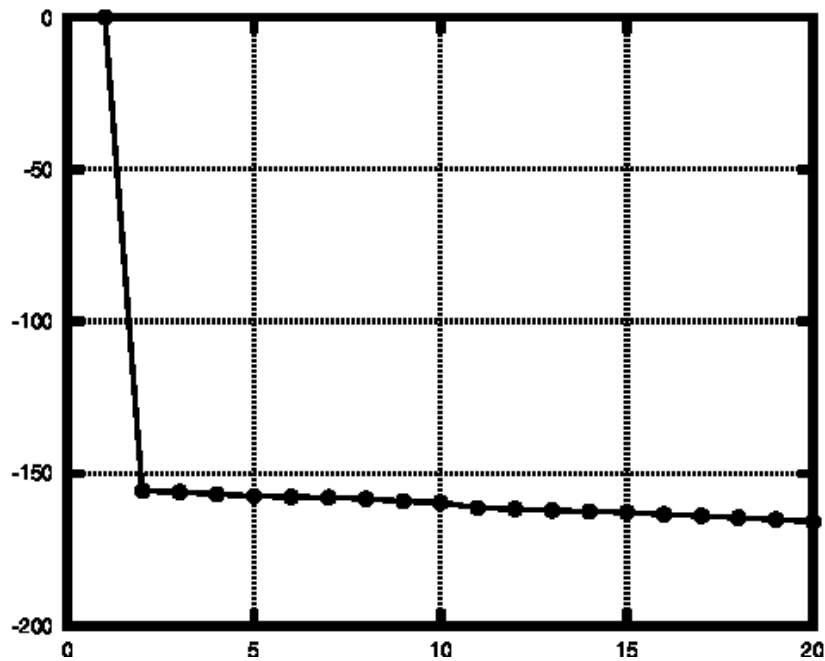
Собственные векторы (СВ) №1 и №2



# СВ и СЗ гармонического сигнала при использовании асинхронного ансамбля (шаг равен периоду сигнала)

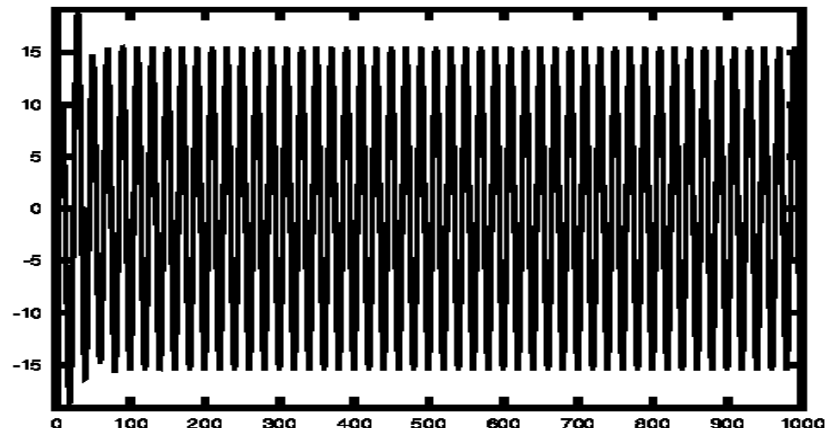
НССЗ, дБ

СВ №1

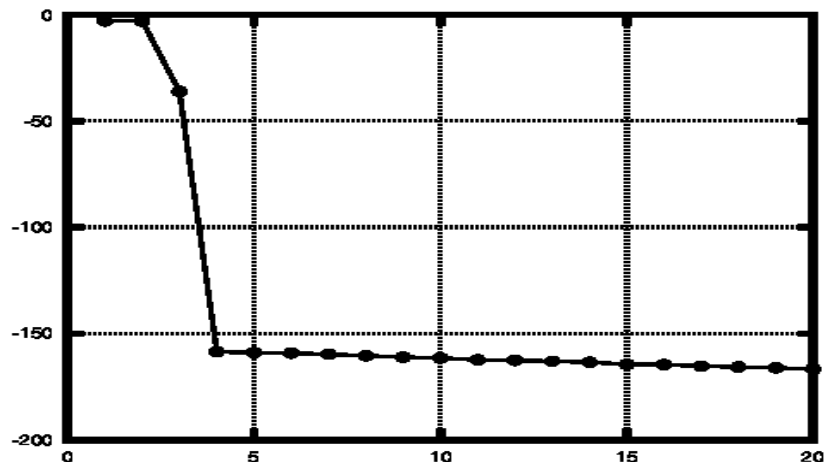


# СВ и СЗ вынужденных колебаний (асинхронный ансамбль, шаг равен собственному периоду)

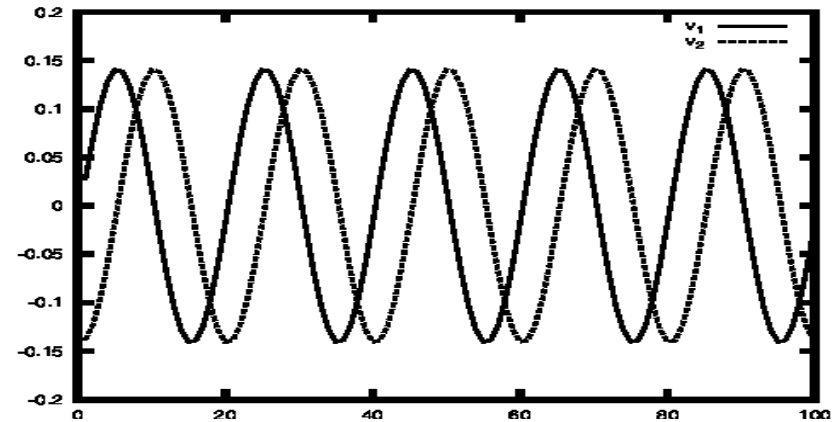
Сигнал



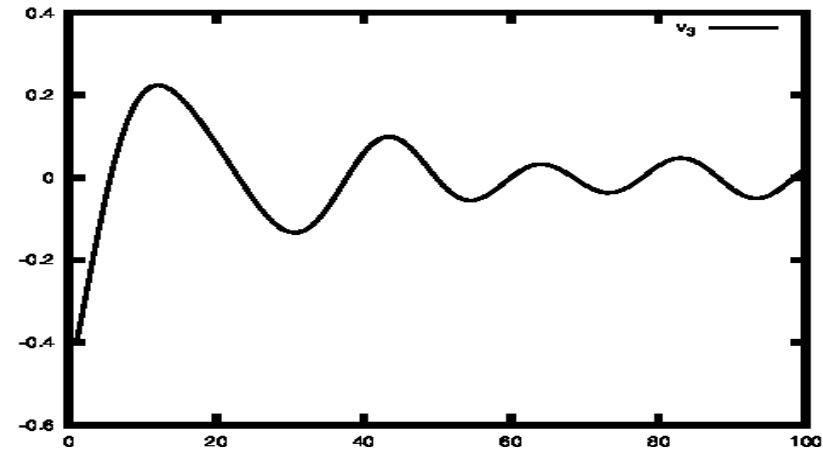
НССЗ, дБ



СВ №1 и №2



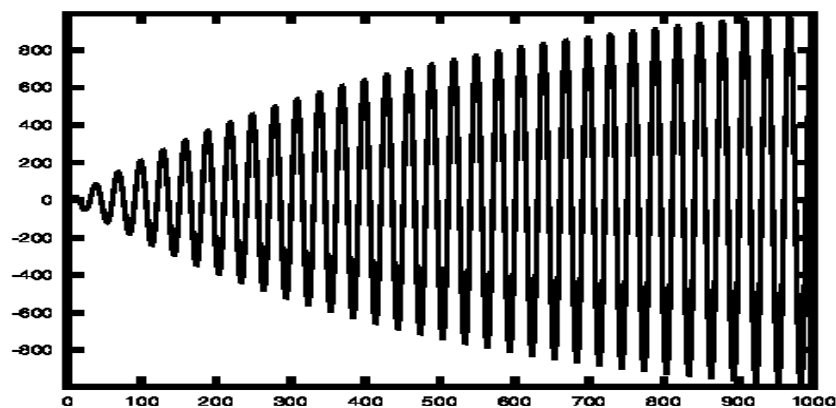
СВ №3



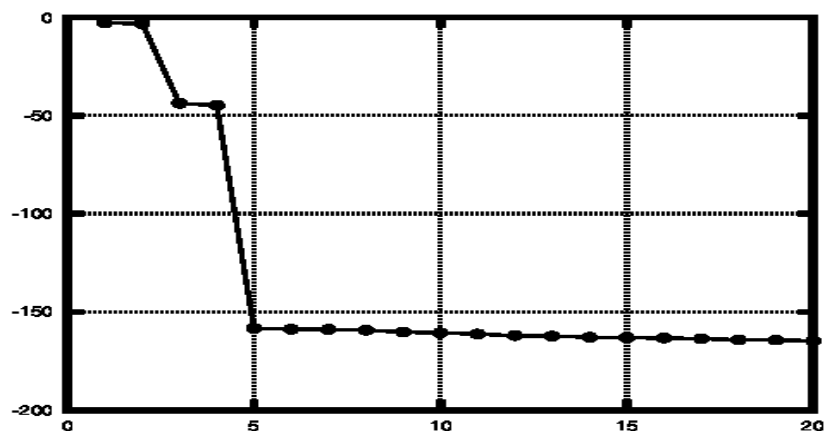


# СВ и СЗ резонансных колебаний (использование траекторной матрицы)

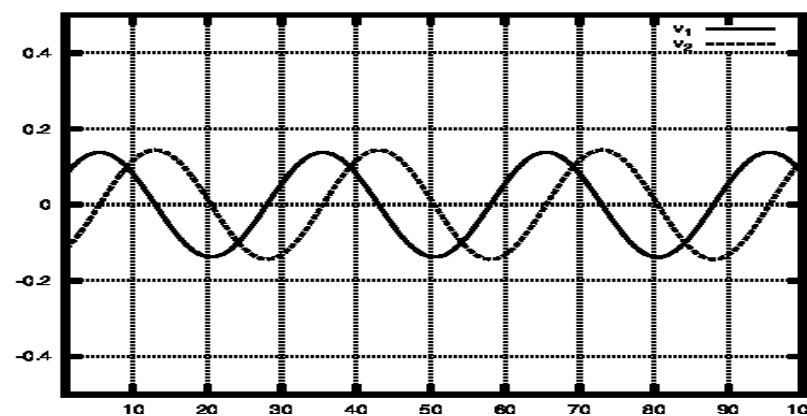
Сигнал



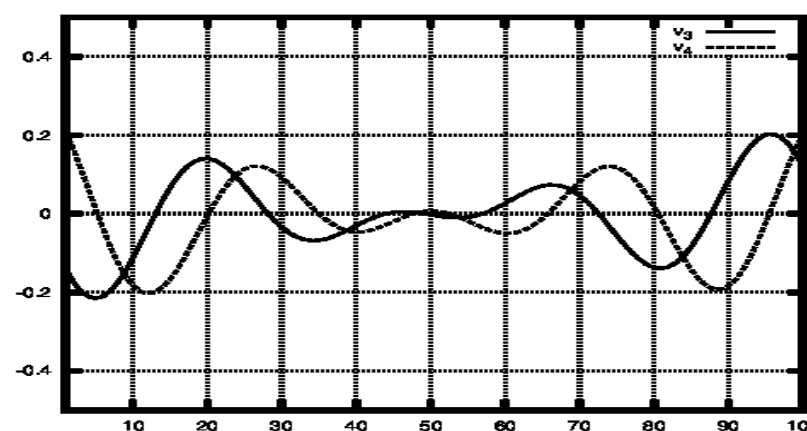
НССЗ, дБ



СВ №1 и №2

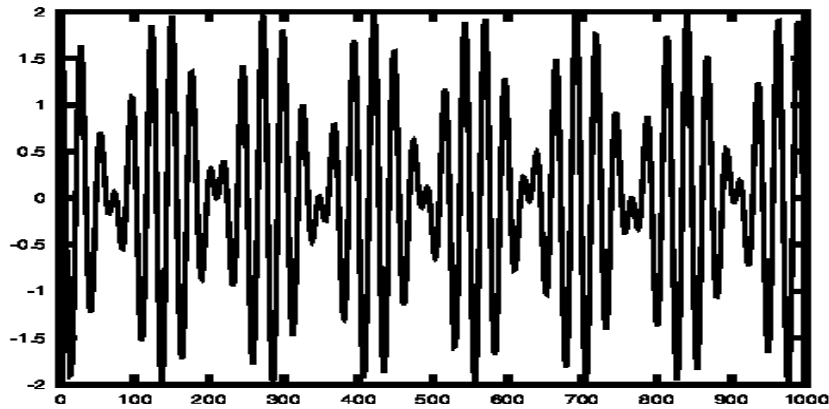


СВ №3 и №4

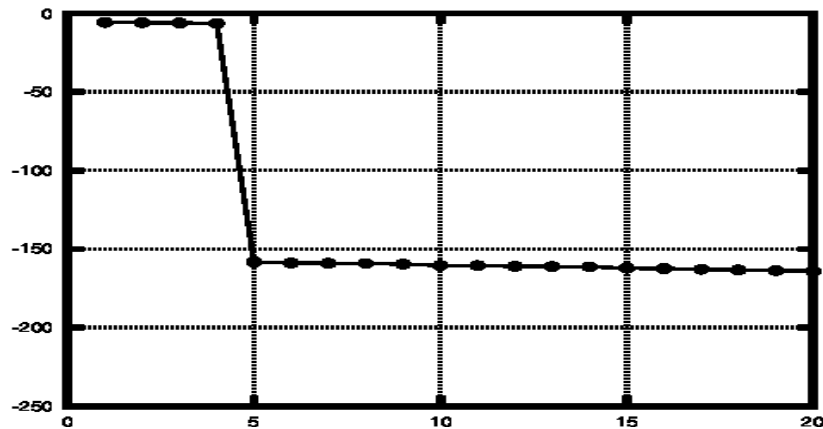


# СВ и СЗ биений (использование траекторной матрицы)

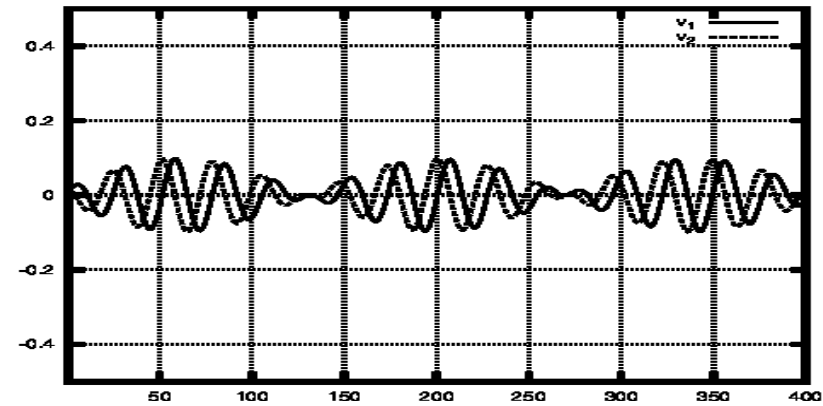
Сигнал



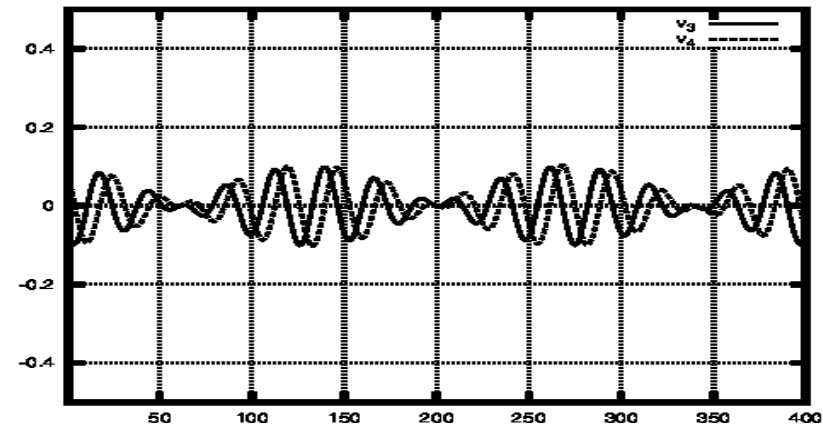
НССЗ, дБ



СВ №1 и №2

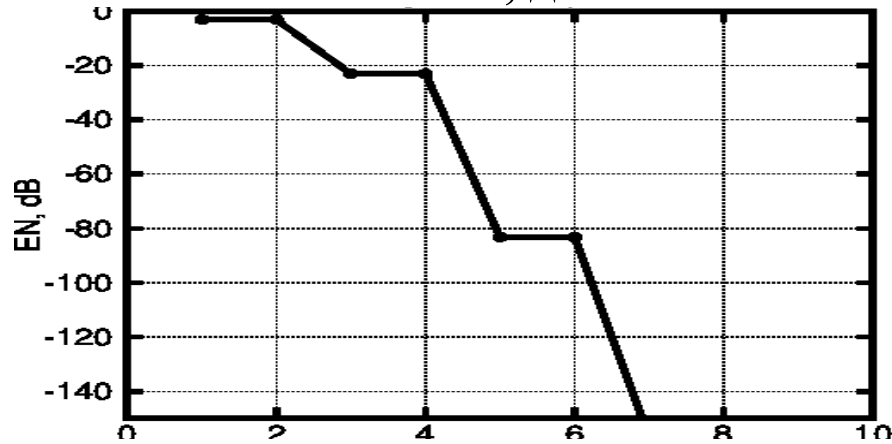


СВ №3 и №4

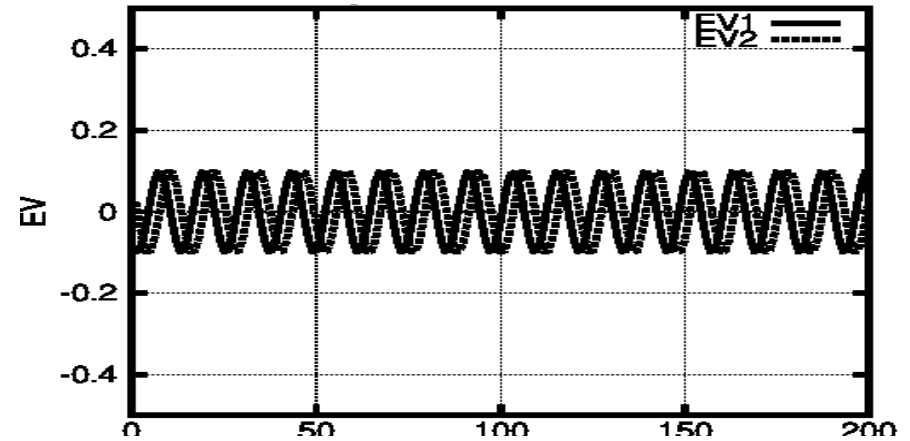


# СВ и СЗ полигармонического сигнала (три частоты, использование траекторной матрицы)

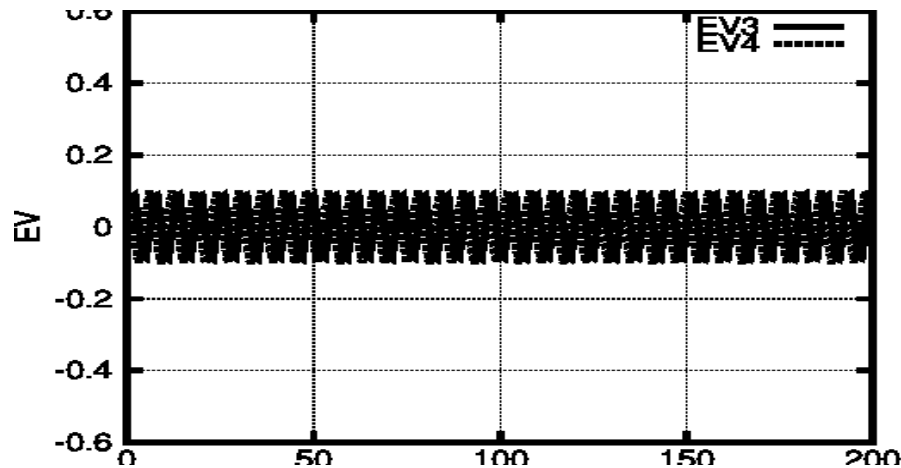
## НССЗ, дБ



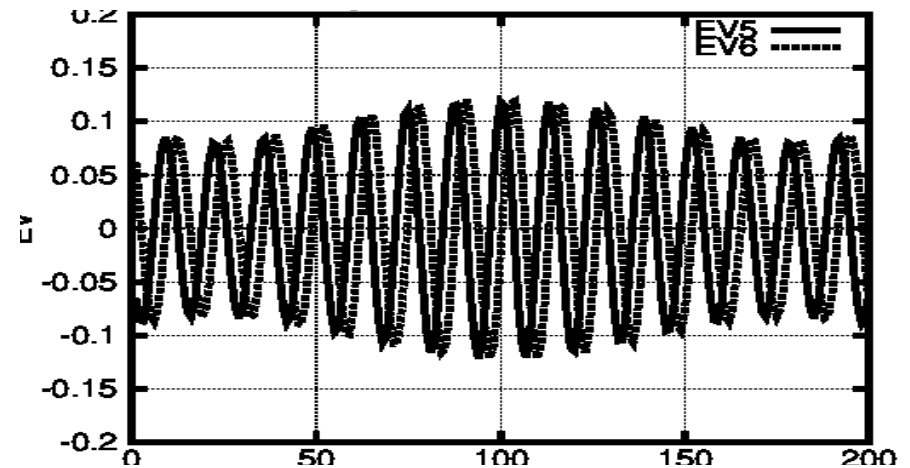
## СВ №1 и №2



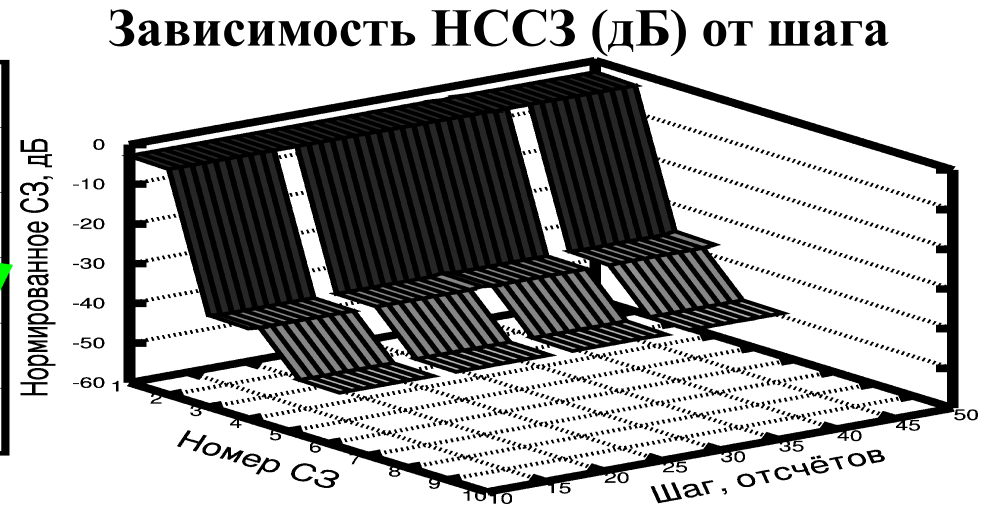
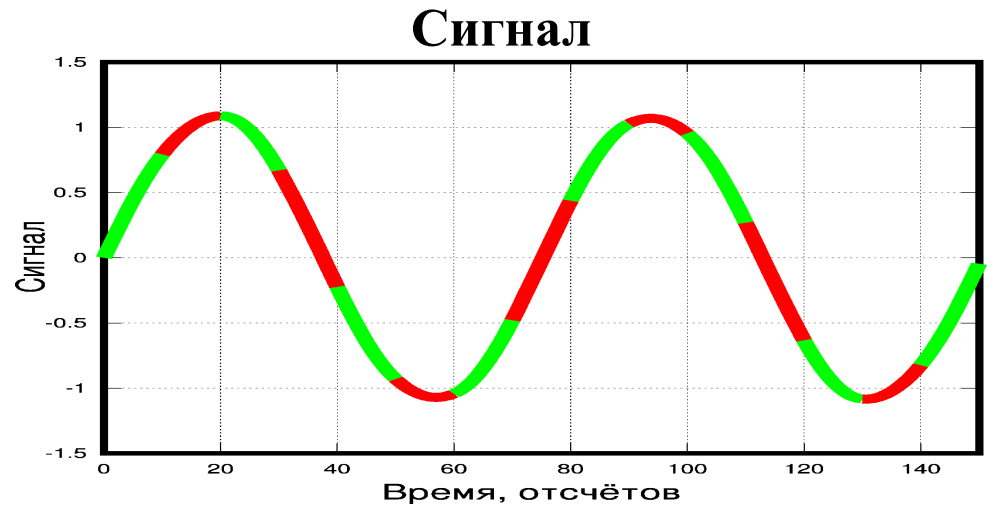
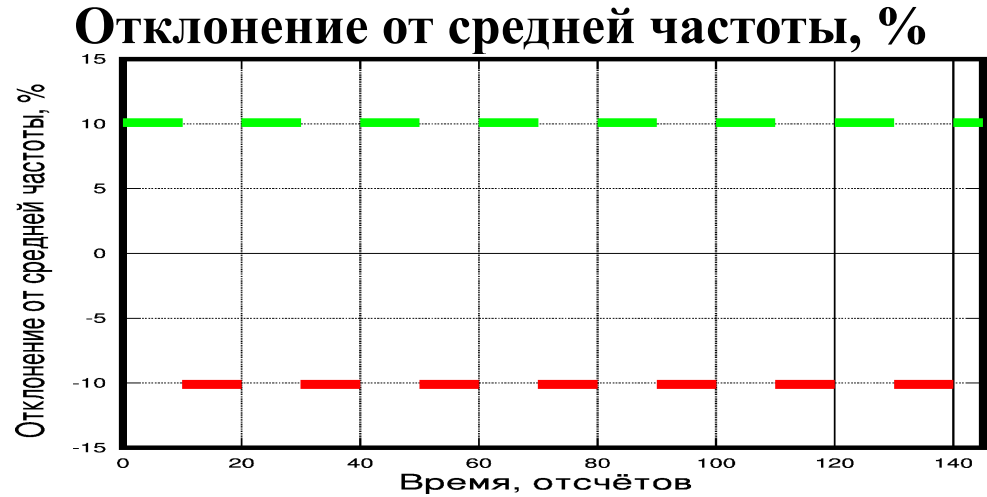
## СВ №3 и №4



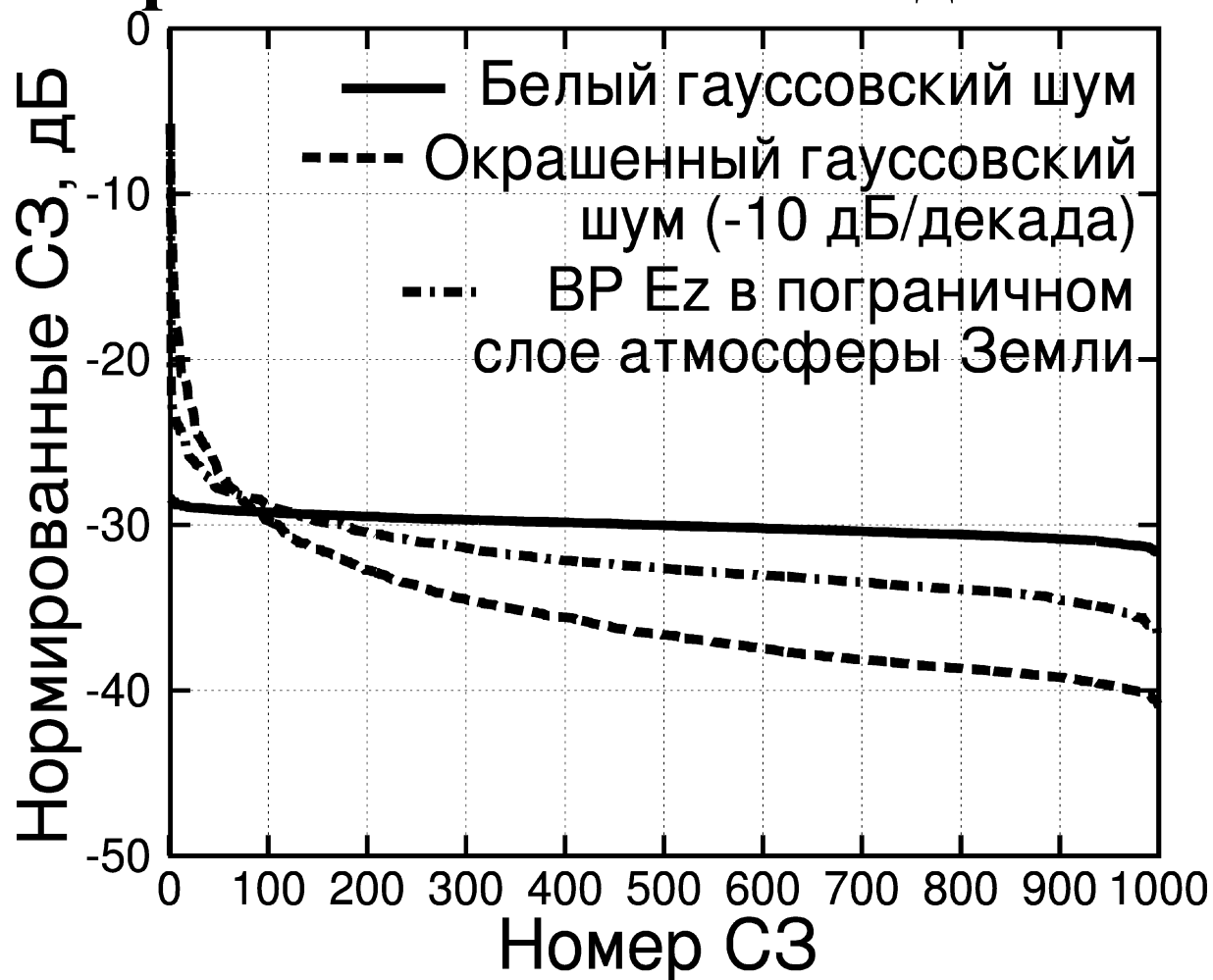
## СВ №5 и №6



# СВ и СЗ параметрического колебания (асинхронный ансамбль при различном шаге)

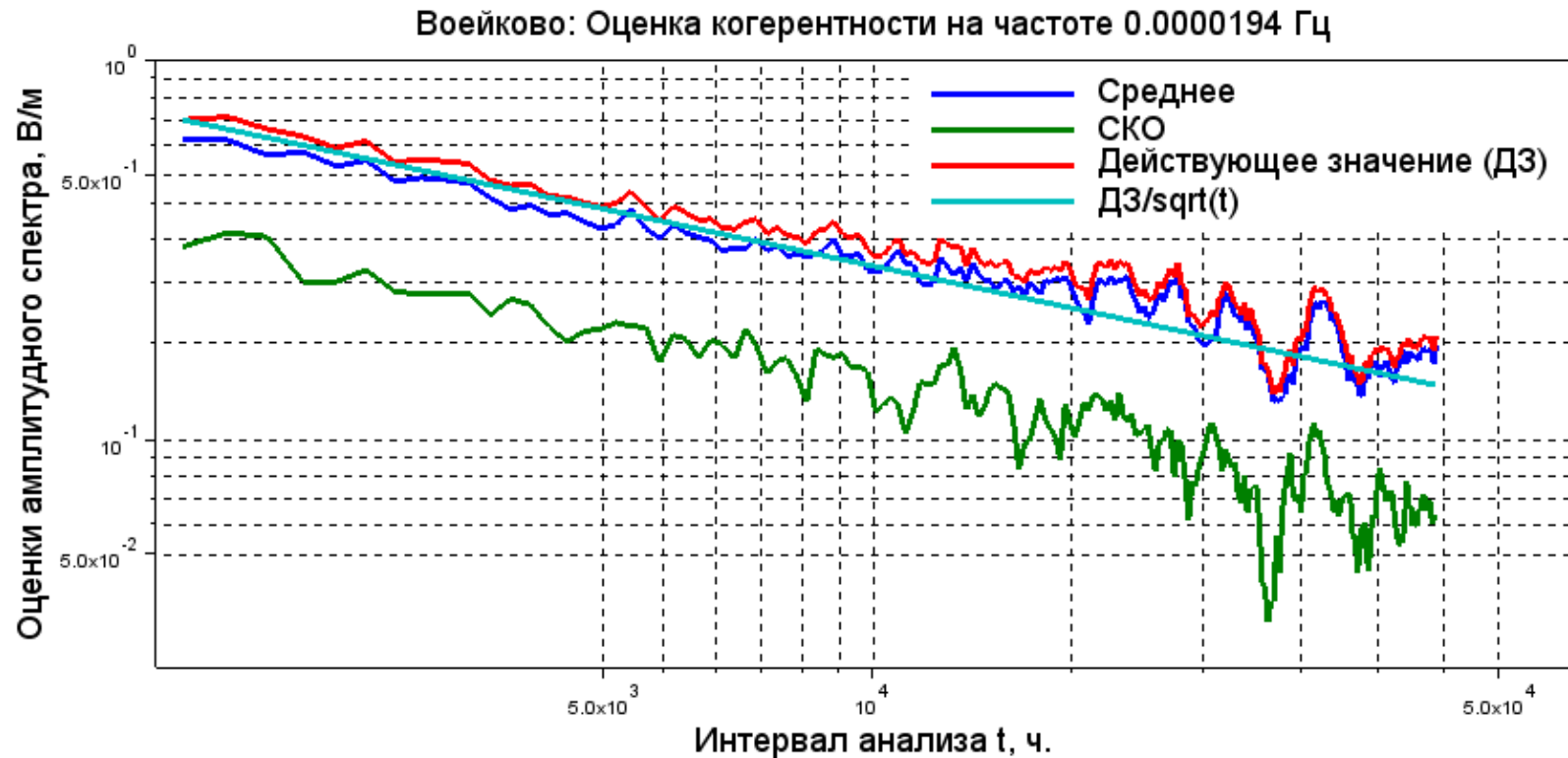


# Сравнение НССЗ шумовых сигналов и сигнала вертикальной составляющей $E_z$ электрического поля ИНЧ-диапазона



# **Айгеноскопия временных рядов в гео- и астрофизике**

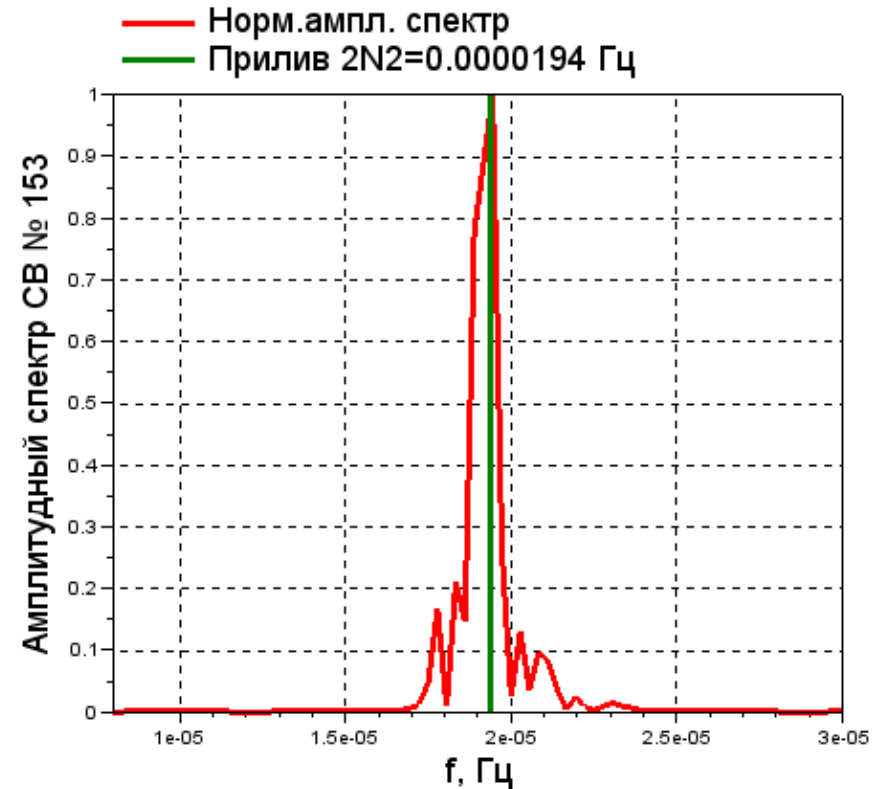
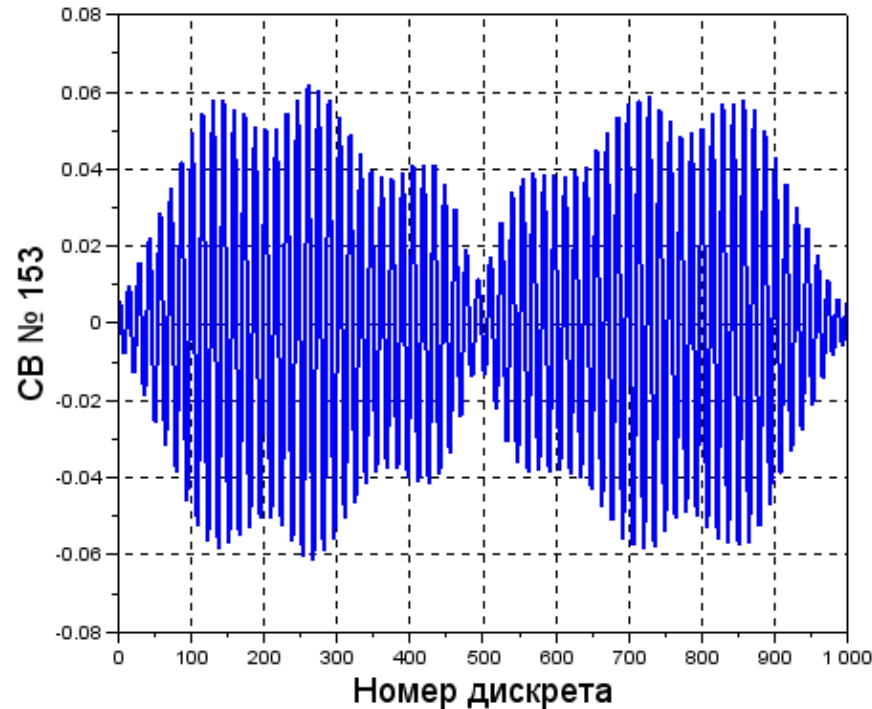
# Анализ Фурье



Классический спектроанализатор не обнаруживает лунный прилив  $2N_2$

# Обнаружение лунного прилива 2N2

Воейково: отн.расстройка=0%; ампл. = 0.6664674 Ez; НСЗ=-30.638915 дБ

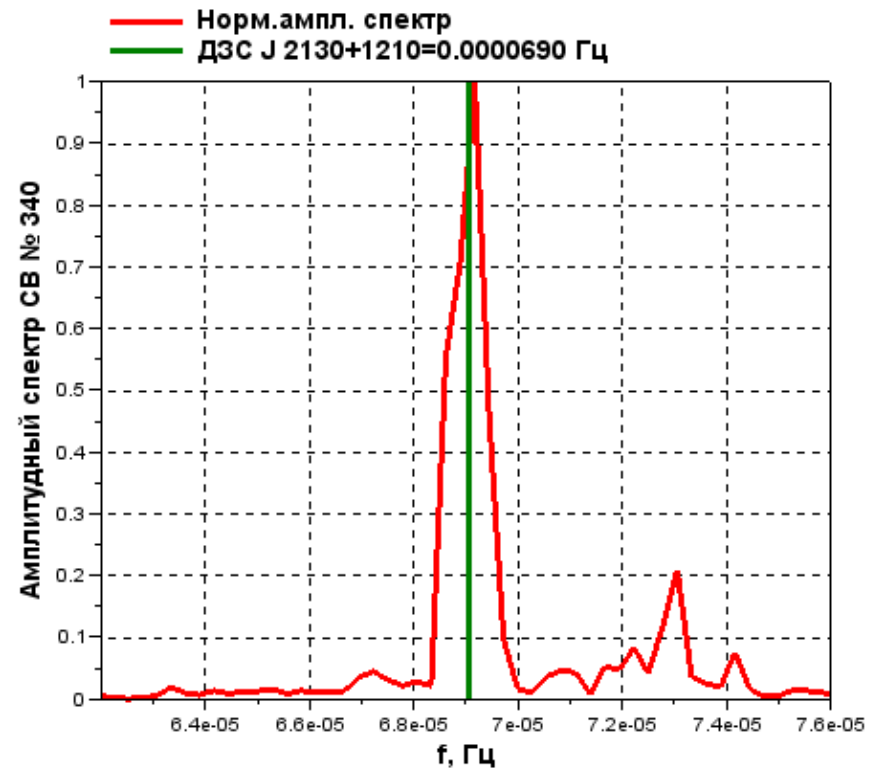
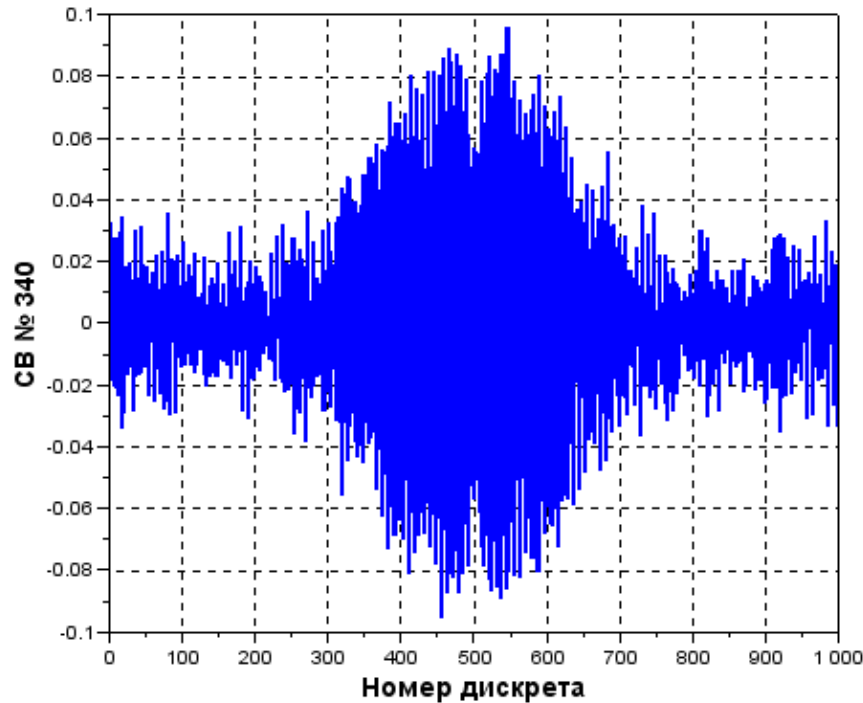


СВ №153 КМ ВР станции Воейково спектрально локализован на частоте лунного прилива  $2N_2$   $M = 1000, N > 100000$  .



# Обнаружение гравитационно-волнового следа ДЗС J2130+1210

Душети: отн.расстройка=0%; ампл. = 0.4548975 Ez; НСЗ=-31.933822 дБ

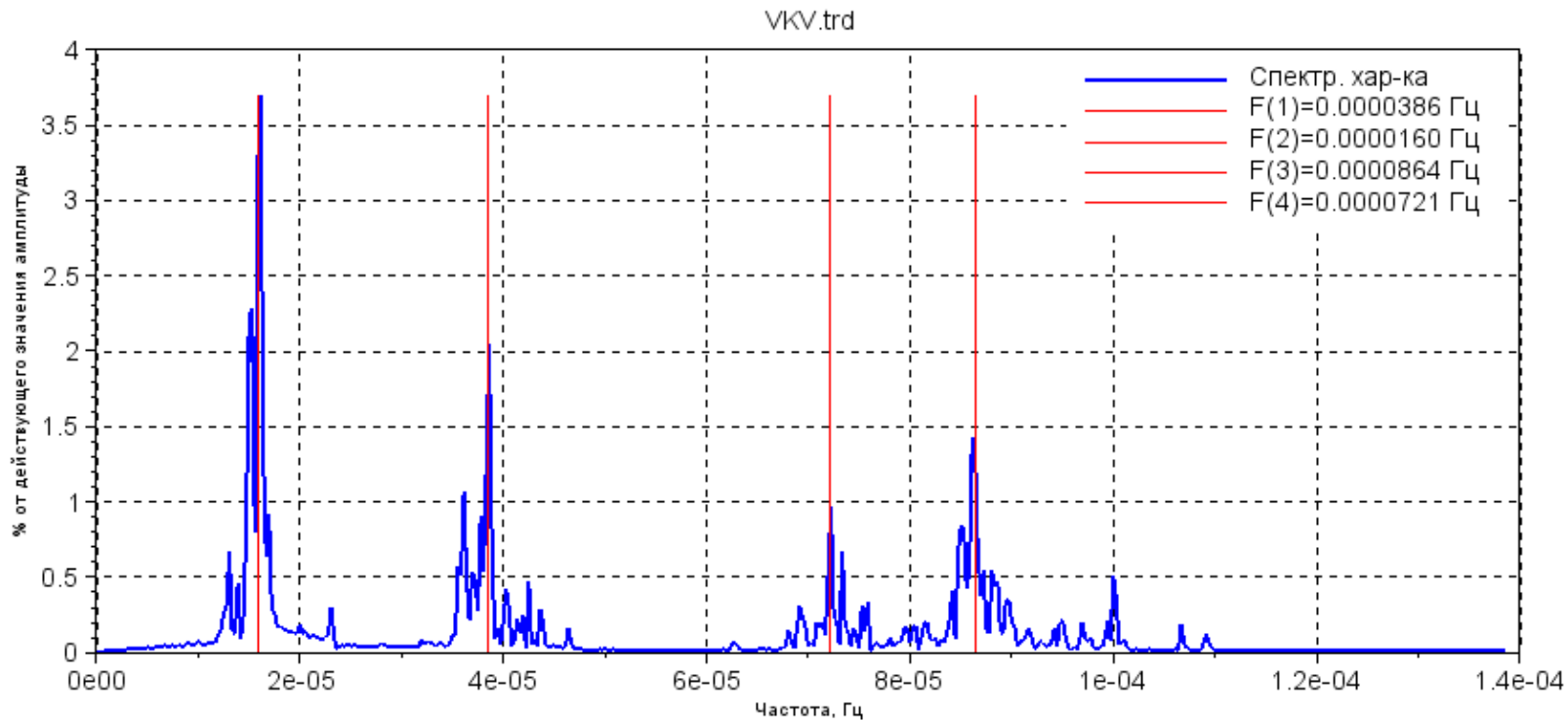


СВ №340 КМ ВР станции Душети спектрально локализован на частоте инфранизкочастотного гравитационно-волнового излучения ДЗС J2130+1210  $M = 1000, N > 100000$  .

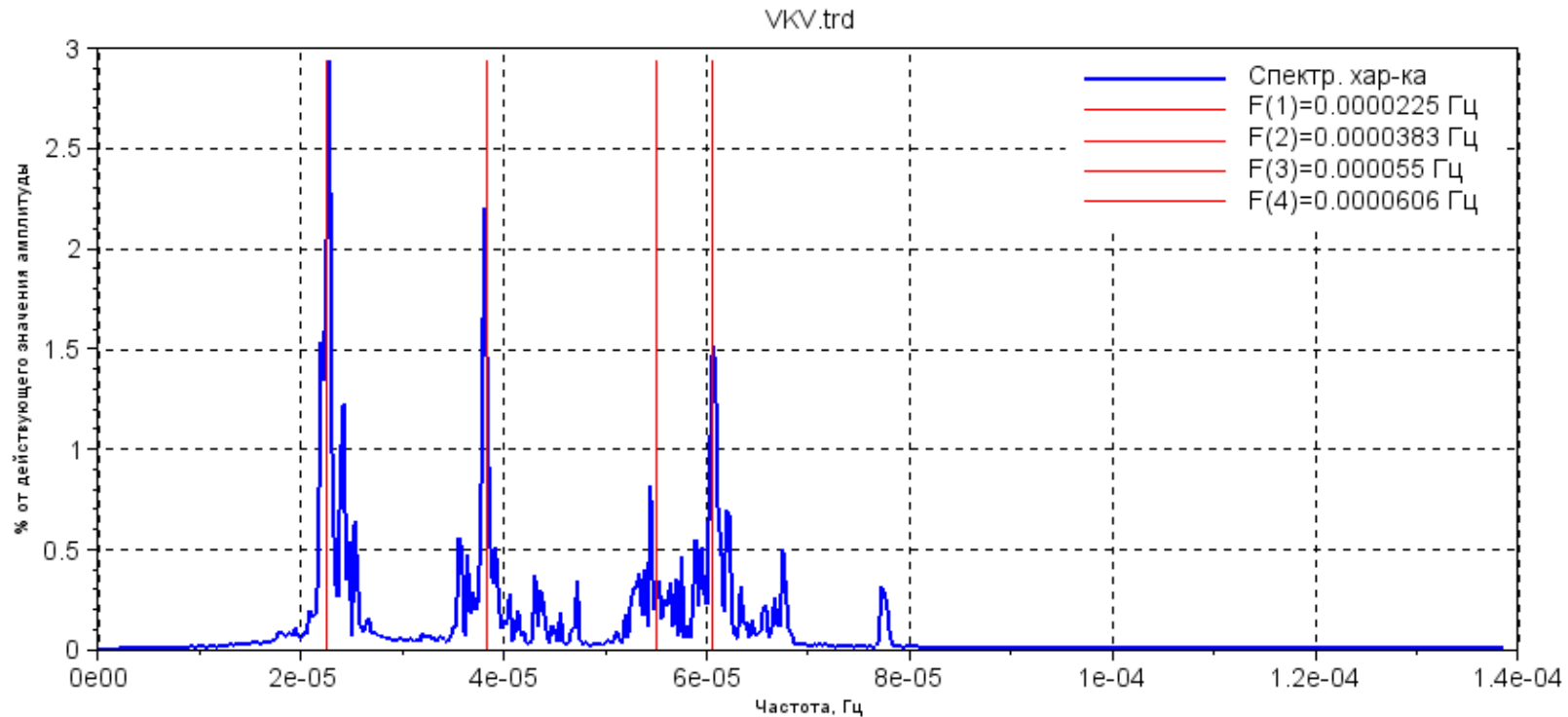
## Спектральная характеристика

$$A(f) = \sum_{i=1}^L \tilde{\lambda}_i^{(ДЗС)} \cdot |FFT(\psi_i^{(ДЗС)})|^2$$

для ДЗС перспективных по гравитационно-волновому излучению  
(Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Теория тяготения и эволюция звезд. - М.:  
Наука, 1971. стр. 64. )



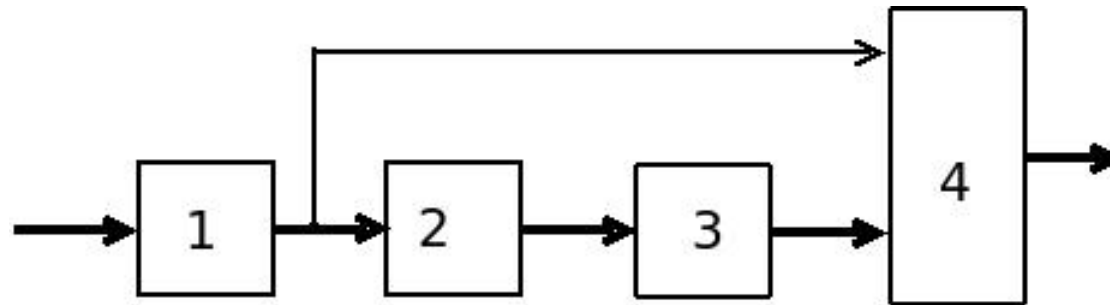
Характеристика  $A(f) = \sum_{i=1}^L \tilde{\lambda}_i^{(ДЗС)} \cdot |FFT(\psi_i^{(ДЗС)})|^2$  для известных пульсаров



Наименование источника	Расстояние до источника, кПс	Амплитуда ГВ-hE-22	Период T, ч	Частота Гц*FE-05
J 1012+5307	0,52	20,362	14,5121451120	3,828211138105
J 1537+1155	0,68	21,436	10,0976951952	5,501805558757
J 1959+2048	1,53	9.4	9.1671993336	6,060253904577

**Айгеноскопия позволяет выявлять энергетически недоминирующие  
спектрально локализованные составляющие (резонансы),  
ненаблюдаемые с использованием  
классического спектрального анализа.**

Сигнализатор изменений главных компонент — патент № 141416 RU

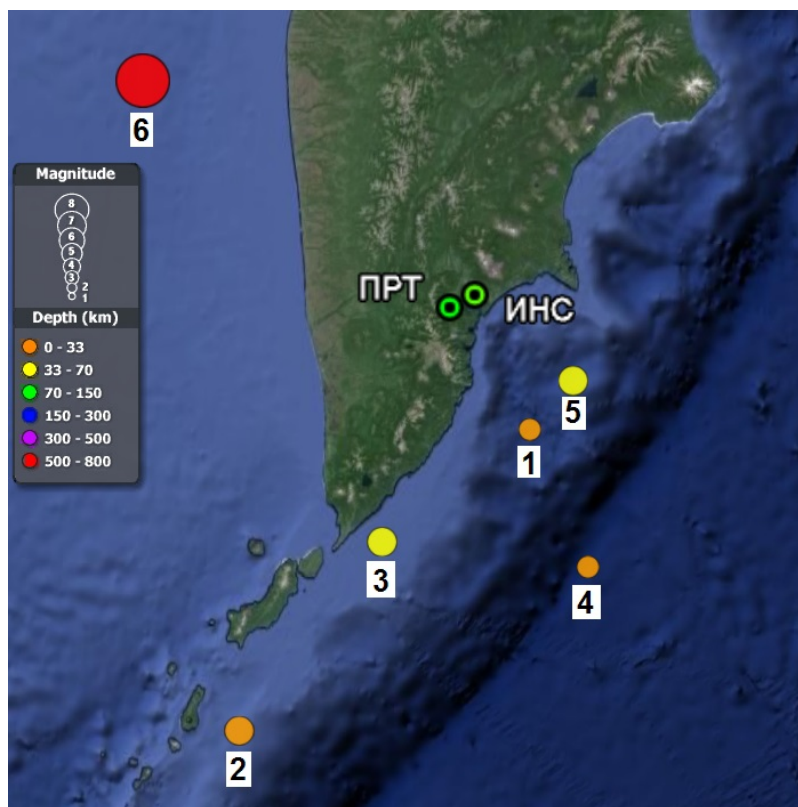


1 – блок масштабирования и АЦП,

2 – блок вычислителя матрицы смешанных моментов,

3 – блок вычисления собственных векторов,

4 – блок вычислителя скалярных произведений и перемножения.



Карта эпицентров землетрясений с  $M > 5.5$  за период август 2012 г.– август 2013 г. и схема размещения пунктов регистрации концентрации почвенных газов, данные с которых использованы в работе. ИНС – пункт на базе скважины ИНС-1 вблизи здания Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (ИВиС); ПРТ – опорный пункт в пос. Паратунка (долина ручья Коркина).

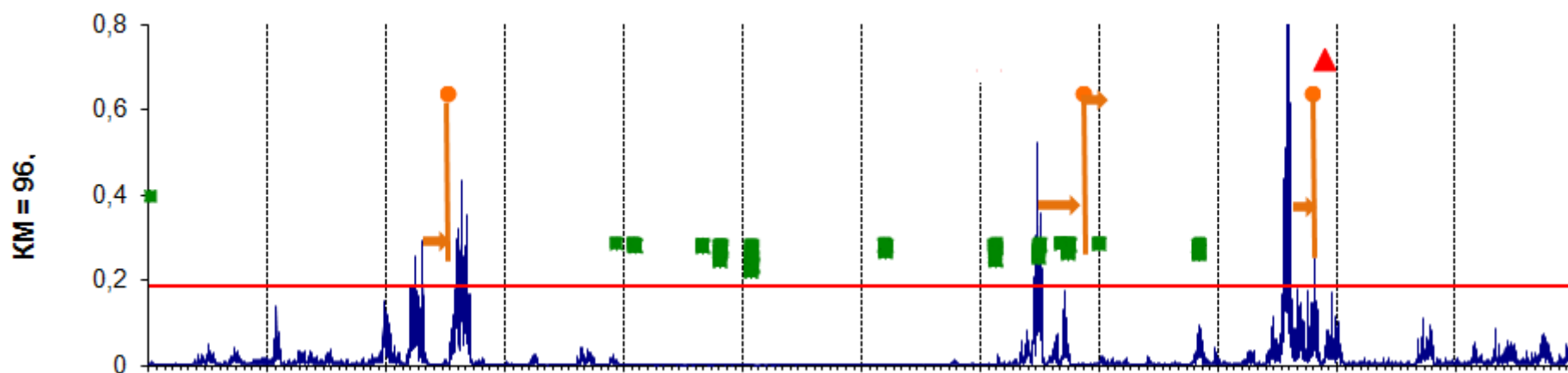
**АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ АЙГЕНОСКОПИИ ДЛЯ ПОИСКА ПРЕДВЕСТНИКОВ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ПОЛЕ ПОЧВЕННОГО РАДОНА ( $^{222}\text{Rn}$ ) НА КАМЧАТКЕ (август 2012 – август 2013 гг.)**

*Фирстов П.П.<sup>1</sup>, Исакевич В. В.<sup>2</sup>, Макаров Е.О.<sup>1</sup>, Исакевич Д. В.<sup>2</sup>, Грунская Л. В.<sup>3</sup>,*

<sup>1</sup> Камчатский филиал ГС РАН, Петропавловск-Камчатский, 683023, [firstov@emsd.ru](mailto:firstov@emsd.ru)

<sup>2</sup> Владимирский государственный университет, ООО "БизнесСофтСервис", г. Владимир, [businesssoftservice@gmail.com](mailto:businesssoftservice@gmail.com)

<sup>3</sup> Владимирский государственный университет, г. Владимир, [grunsk@vlsu.ru](mailto:grunsk@vlsu.ru)



**АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ АЙГЕНОСКОПИИ ДЛЯ ПОИСКА ПРЕДВЕСТНИКОВ СИЛЬНЫХ  
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ПОЛЕ ПОЧВЕННОГО РАДОНА ( $^{222}\text{Rn}$ ) НА КАМЧАТКЕ (август 2012 – август 2013 гг.)**

**Фирстов П.П.<sup>1</sup>, Исакевич В. В.<sup>2</sup>, Макаров Е.О.<sup>1</sup>, Исакевич Д. В.<sup>2</sup>, Грунская Л. В.<sup>3</sup>,**

<sup>1</sup> Камчатский филиал ГС РАН, Петропавловск-Камчатский, 683023, [firstov@emsd.ru](mailto:firstov@emsd.ru)

<sup>2</sup> Владимирский государственный университет, ООО "БизнесСофтСервис", г. Владимир, [businesssoftservice@gmail.com](mailto:businesssoftservice@gmail.com),

<sup>3</sup> Владимирский государственный университет, г. Владимир, [grunsk@vlsu.ru](mailto:grunsk@vlsu.ru)

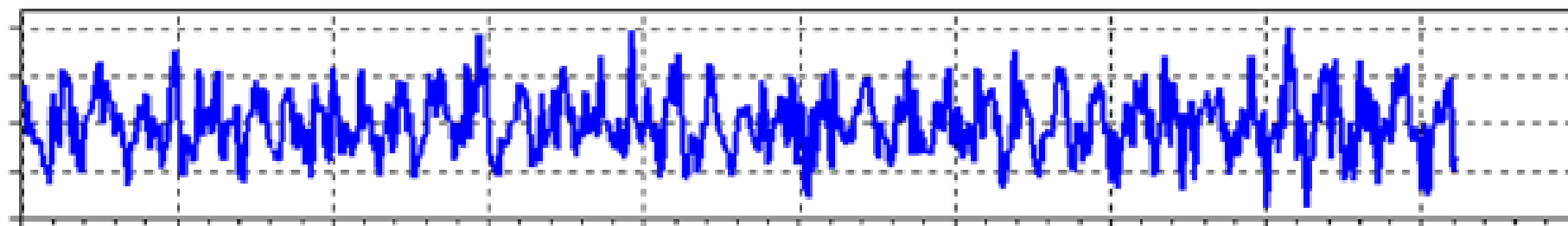
## **Выводы:**

Конструкция СИГК была опробована для построения реперных точек, предшествовавших сильным землетрясениям на Камчатке, по результатам анализа концентрации почвенного радона. Айгеноскопия может быть рекомендована для анализа временных рядов мониторинга концентрации почвенного  $Rn$  с целью автоматизированного выделения реперных точек при поиске предвестниковых аномалий сильных землетрясений южной Камчатки.

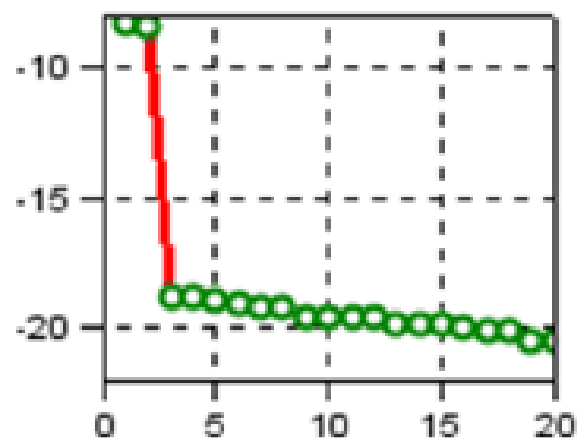


# **Выявление переотражений**

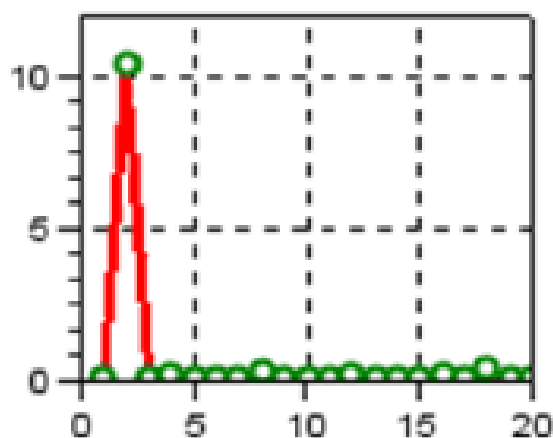
## Усредненный (по выборке объема = 500) логарифмический спектр



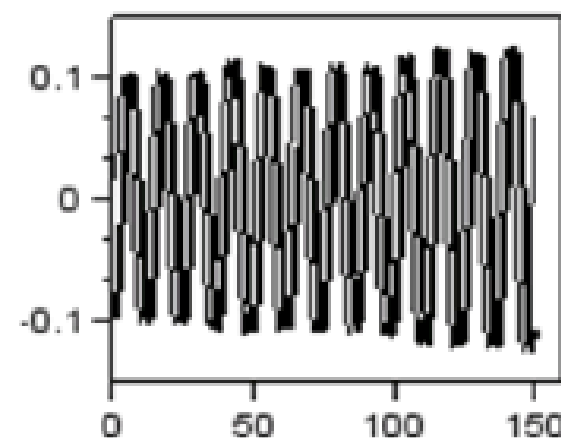
НССЗ, дБ



1-ая разность НССЗ, дБ

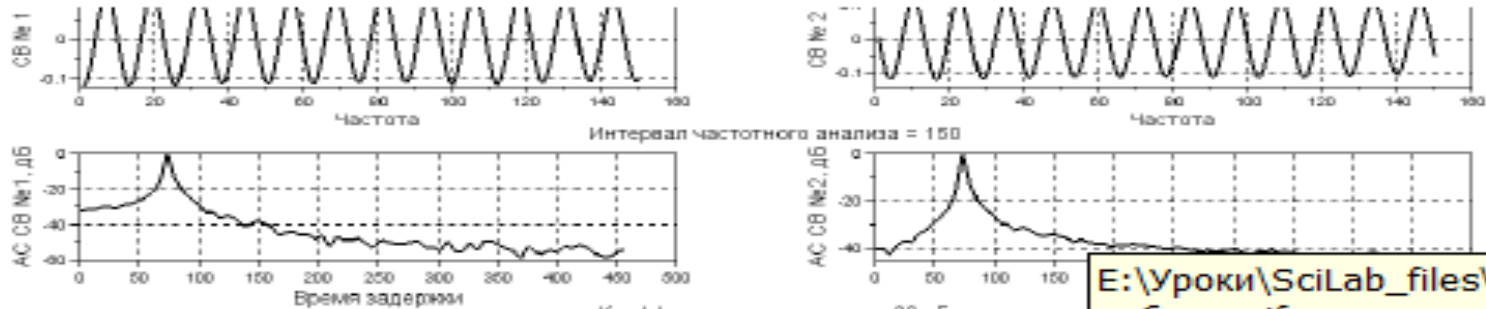


СВ № 1 и 2



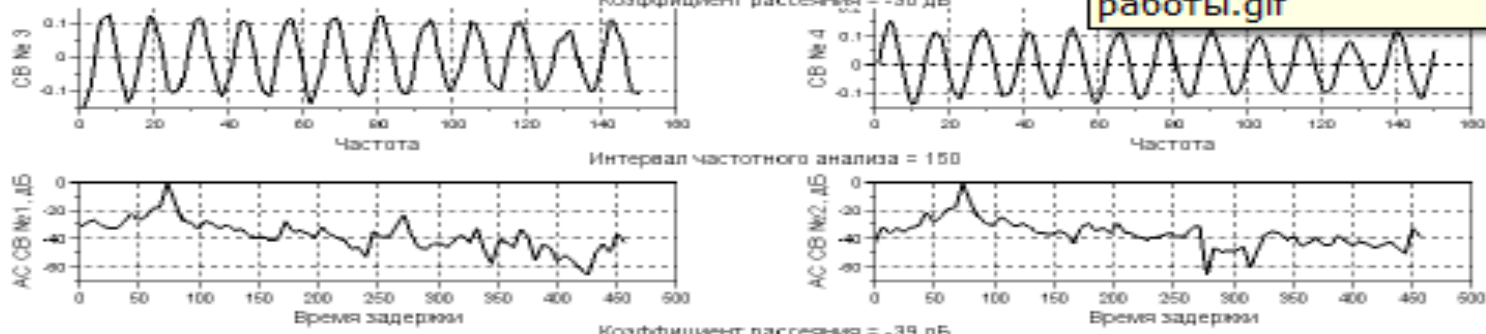
# Собственные векторы №1 и №2 и их кепстры

$\alpha = -30$  дБ

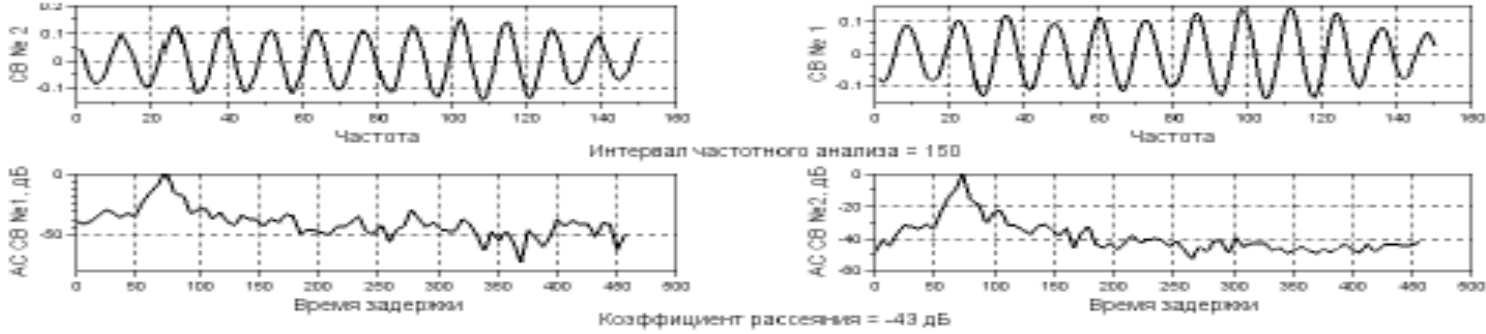


E:\Уроки\SciLab\_files\Пр работы.gif

$\alpha = -39$  дБ



$\alpha = -43$  дБ

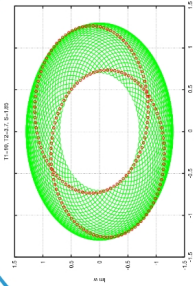
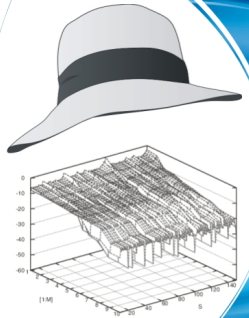


**Кепстры собственных векторов позволяют уверенно выявлять  
переотражения с уровнем -43 дБ.**

Айгеноскопия временных рядов и сигналов • №2

Д.В. Исакевич

**Основы анализа собственных векторов  
и компонент регулярных колебаний**



© Д.В. Исакевич, 2015



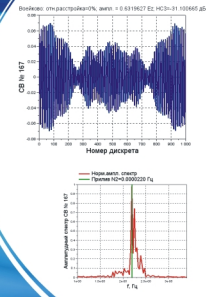
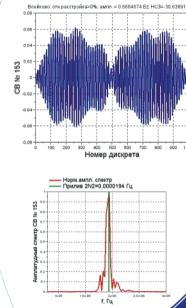
9 785000 869345

Издательство «Перо», 2015  
ISBN 978-5-00086-934-5

Айгеноскопия временных рядов и сигналов • №3

Л.В. Грунская, В.В. Исакевич,  
Д.В. Исакевич, Д.В. Рубай

**Анализ собственных векторов и главных компонент  
вертикальной составляющей электрического поля  
в приземном слое атмосферы:  
Частоты лунных приливов**



© Авторы, 2015



9 785000 868041

Издательство «Перо», 2015  
ISBN 978-5-00086-804-1

**Айгеноскопия позволяет вести эффективный анализ сигналов на КИА, обеспечивая максимум выразительности при минимальном числе анализируемых компонент.**

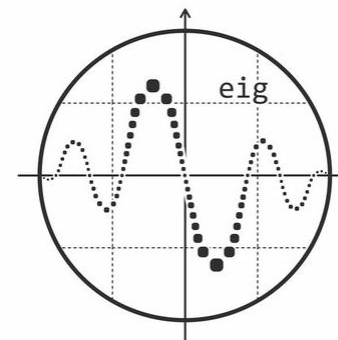
**Введение в практику новых анализаторов всегда меняет научно-технологический ландшафт. Так будет происходить и с айгеноскопией — новой технологией обработки и хранения информации.**

**Мы уверены, что нас окружают ситуации, в которых использование айгеноскопии эквивалентно быстрому повышению эффективности, и ждём предложений о сотрудничестве.**

**Методы айгеноскопии защищены патентами РФ и реализованы в ООО  
«Собственный вектор» на высокопроизводительном вычислительном  
комплексе «Монокуб РС» производства ЗАО МЦСТ**



ООО «БизнесСофтСервис»  
[businesssoftservice@gmail.com](mailto:businesssoftservice@gmail.com)



ООО «Собственный вектор»  
[eigenoscope@yandex.ru](mailto:eigenoscope@yandex.ru)

**Владимирский государственный университет**  
[grunsk@vlsu.ru](mailto:grunsk@vlsu.ru)

**Спасибо за внимание !**