

Фрактальные свойства биоэлектрической активности мозга человека

Марагей Р.А., Потулова Л.А., Милованова Г.Б.

ИВНД и НФ РАН

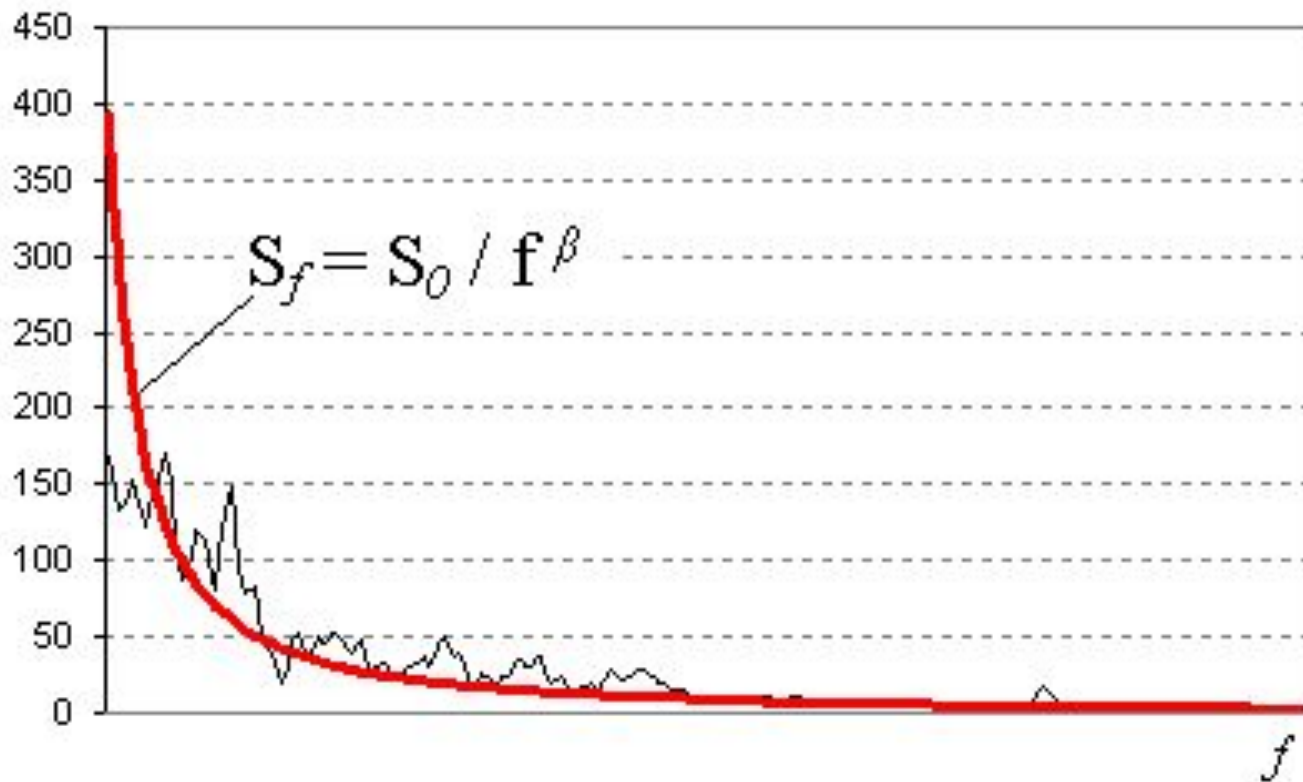
Лаборатория прикладной физиологии ВНД человека

	Ритмы ЭЭГ	Сверхмедленные колебания (диапазоны)							Циркадный ритм
		Сек.	Декасек.	Минут.	Много-минут.	Декаминут	Часовой	Много-часовой	
По Аладжаловой	0,01÷1 с	2÷12 с	15÷30 с	1 мин.	2÷9 мин.	10÷40 мин.	1÷2 ч	1,5÷6 ч	24 ч
Адаптировано	0,01÷1 с	1÷15 с	15÷40 с	40÷90 с (40 с ÷ 1,5 мин.)	90÷600 с (1,5÷10 мин.)	10÷40 мин.	40÷90 мин. (40 мин. ÷ 1,5 ч)	1,5÷6 ч	-
Доля полосы пропускания в АЧХ фильтров (%)	27	24	16	15	21	25	25	26	
Тестовый сигнал									
Частота	2 Гц	0,5 Гц	30 мГц	20 мГц	5 мГц	500 мкГц	250 мкГц	100 мкГц	
Период колебаний	0,5 с	00:00:02	00:00:33	00:00:50	00:03:20	00:33:20	01:06:40	02:46:40	

Диапазоны электрической активности мозга
(Аладжалова Н.А. 1979, Илюхина В.А. 1977)

Цель работы

В рамках исследования нелинейных механизмов регуляции операторской деятельности экспериментально показать наличие временного самоподобия биоэлектрической активности мозга.

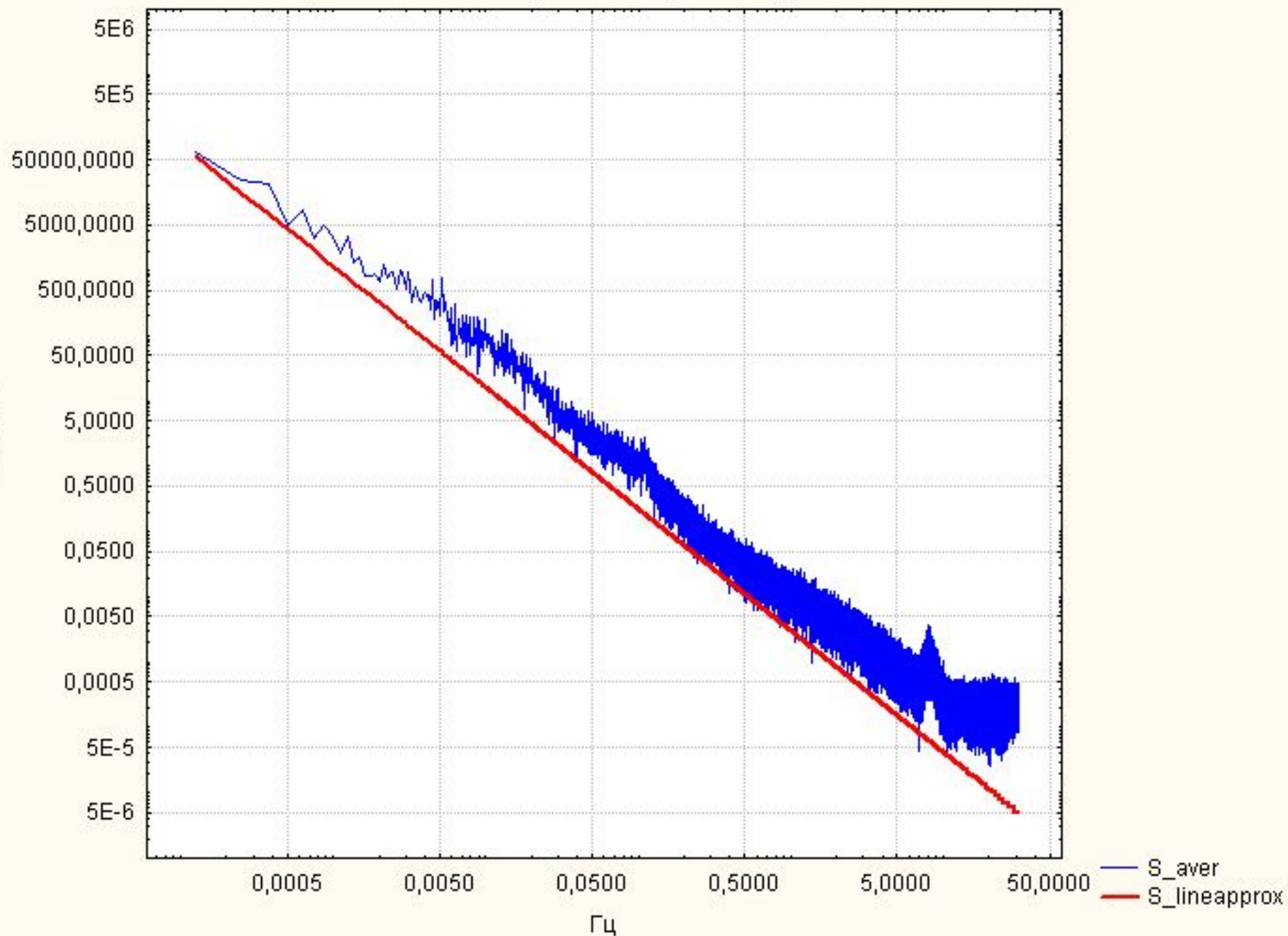


$$\text{Lg}(S_f) = \text{Lg}(S_0 / f^\beta) = \text{Lg}(S_0) - \text{Lg}(f^\beta)$$

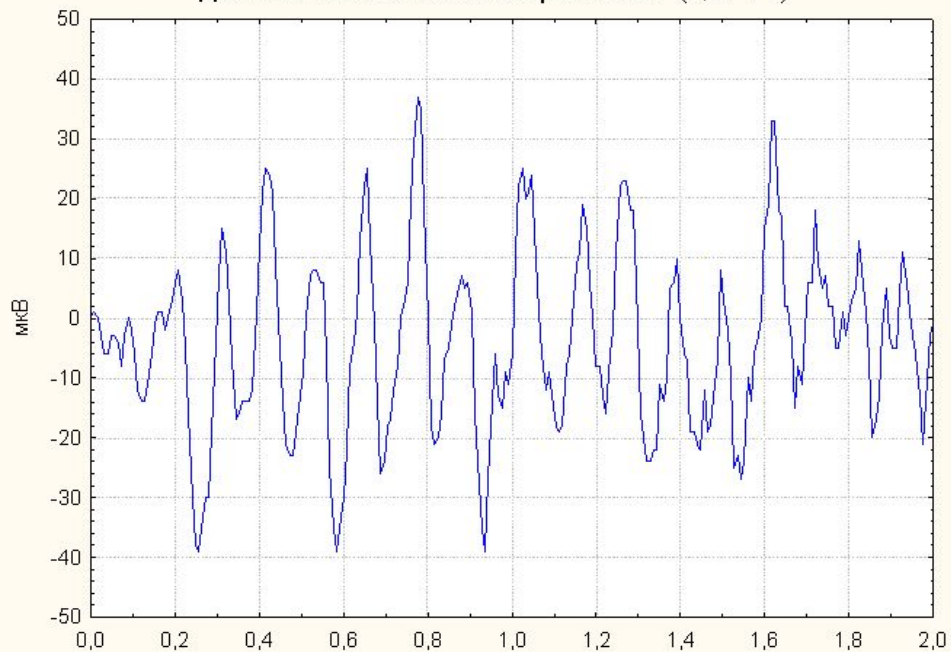
$$\text{Lg}(S_f) = \text{Lg}(S_0) - \beta \times \text{Lg}(f) \quad // \quad y = k \times x + b$$

Аппроксимация спектра ЭЭГ традиционного диапазона шумом вида S_0/f^β .

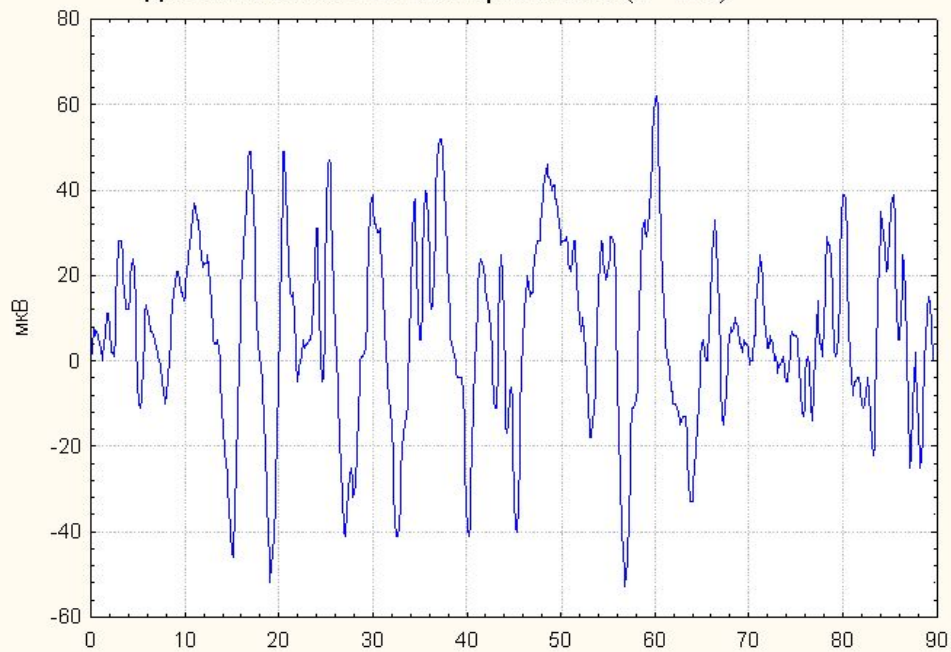
Усреднённый спектр БЭА г.м. (0 - 40 Гц)



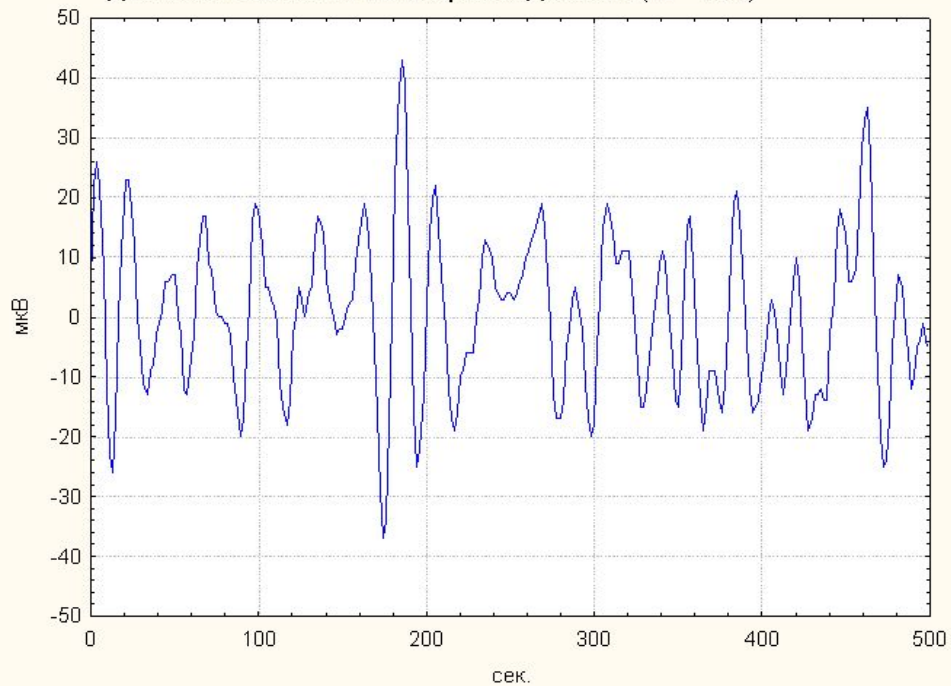
Диапазон колебаний потенциала: ЭЭГ (0,01-1 с)



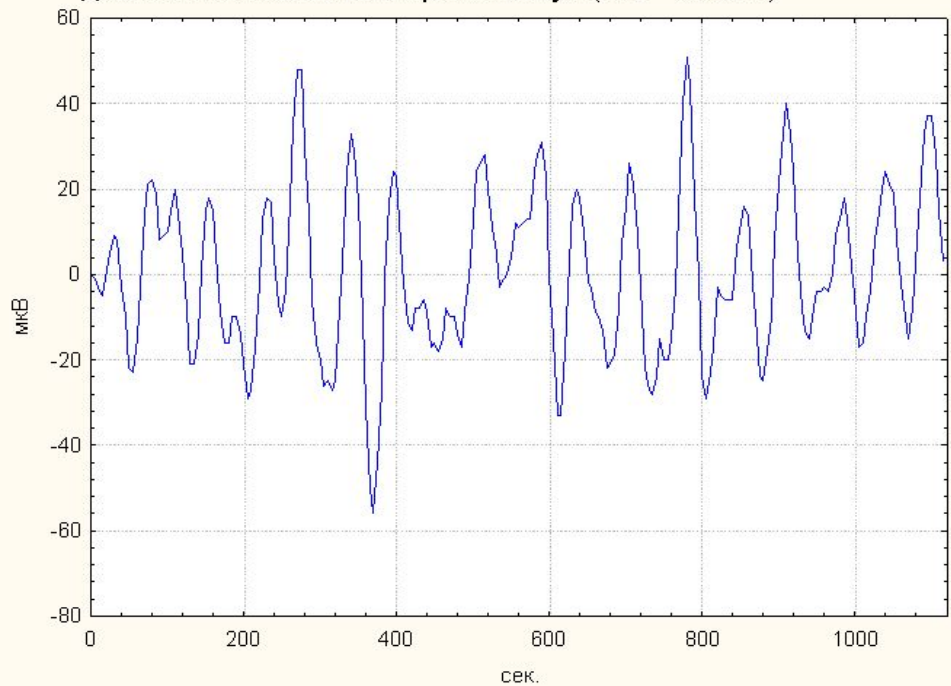
Диапазон колебаний потенциала: Сек. (1 - 15 с)



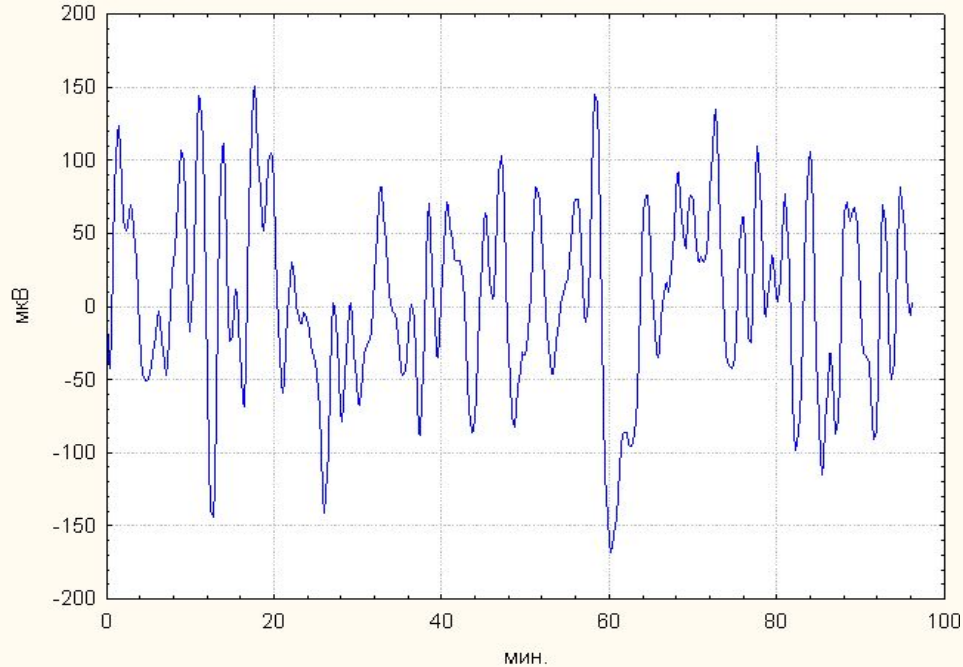
Диапазон колебаний потенциала: Декасек. (15 - 40 с)



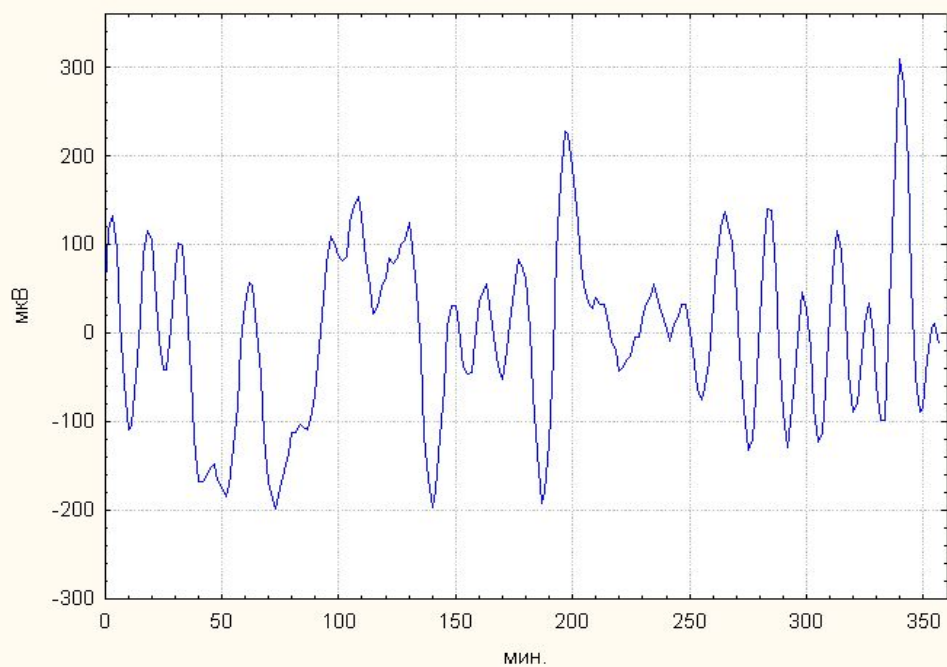
Диапазон колебаний потенциала: Минут. (40 с - 1,5 мин.)



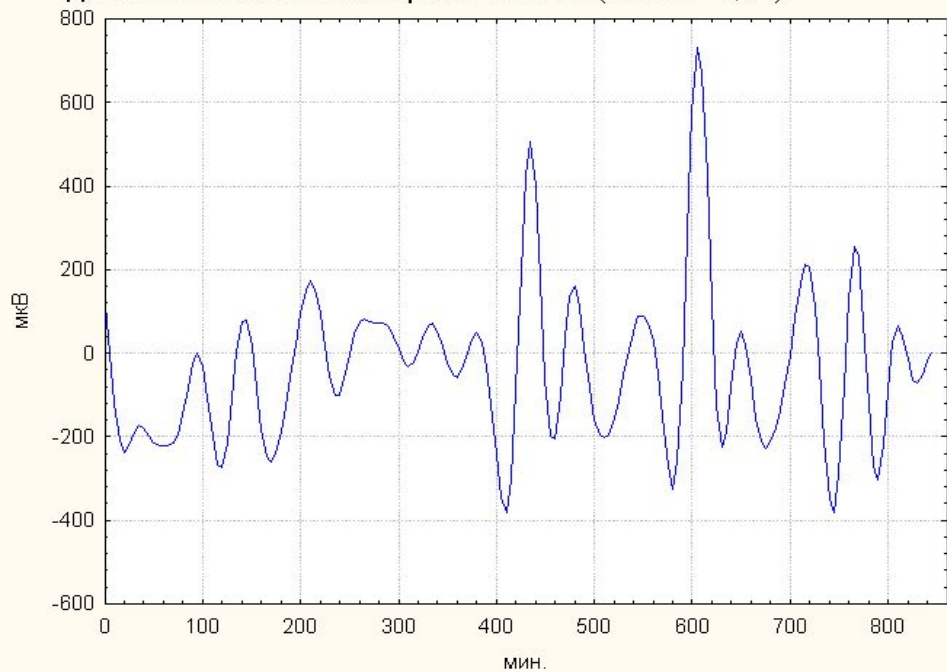
Диапазон колебаний потенциала: Многоминут. (1,5 - 10 мин.)



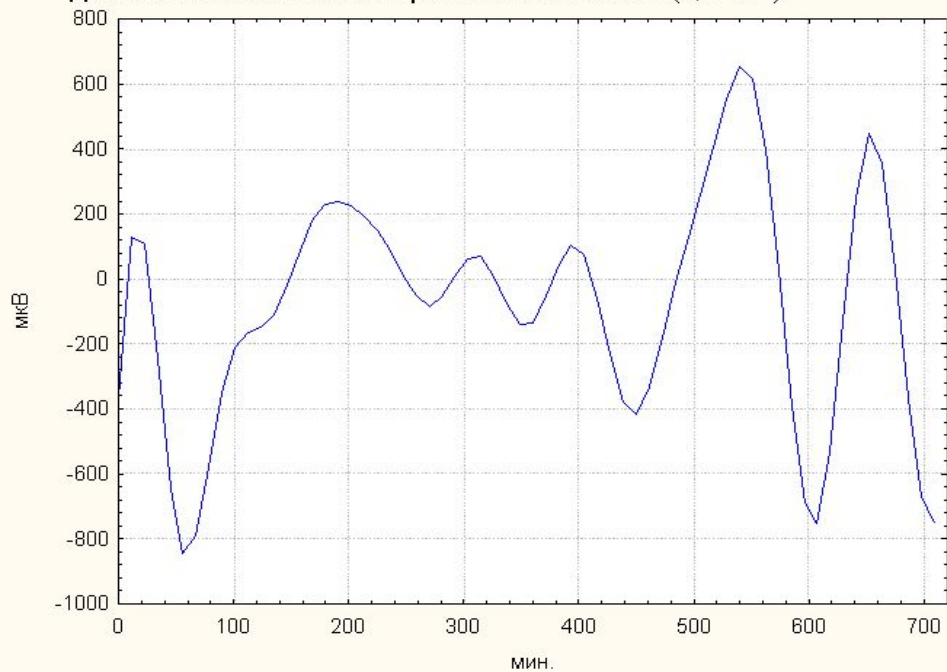
Диапазон колебаний потенциала: Декаминут. (10 - 40 мин.)

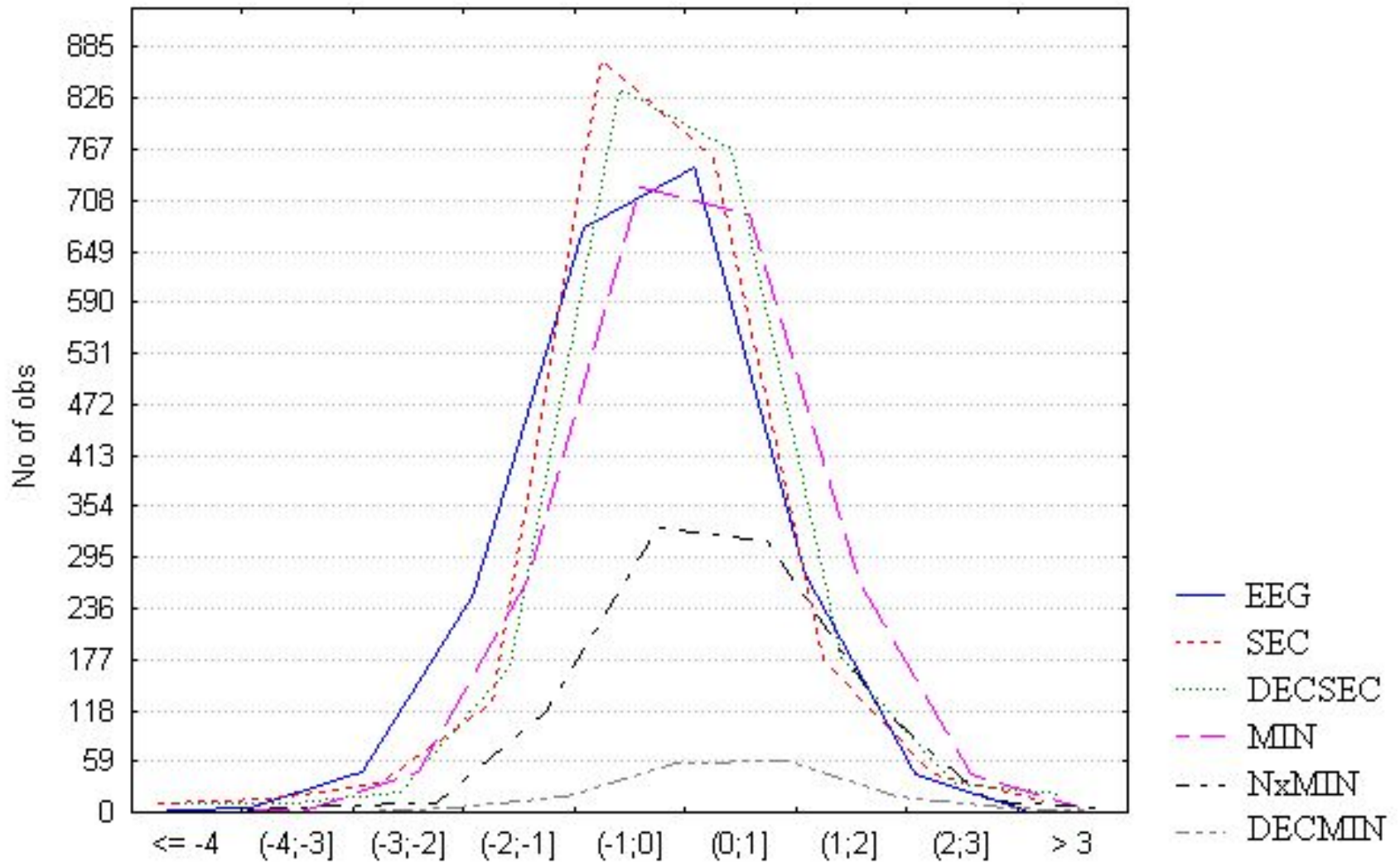


Диапазон колебаний потенциала: Часовой (40 мин. - 1,5 ч)



Диапазон колебаний потенциала: Многочасовой (1,5 - 6 ч)

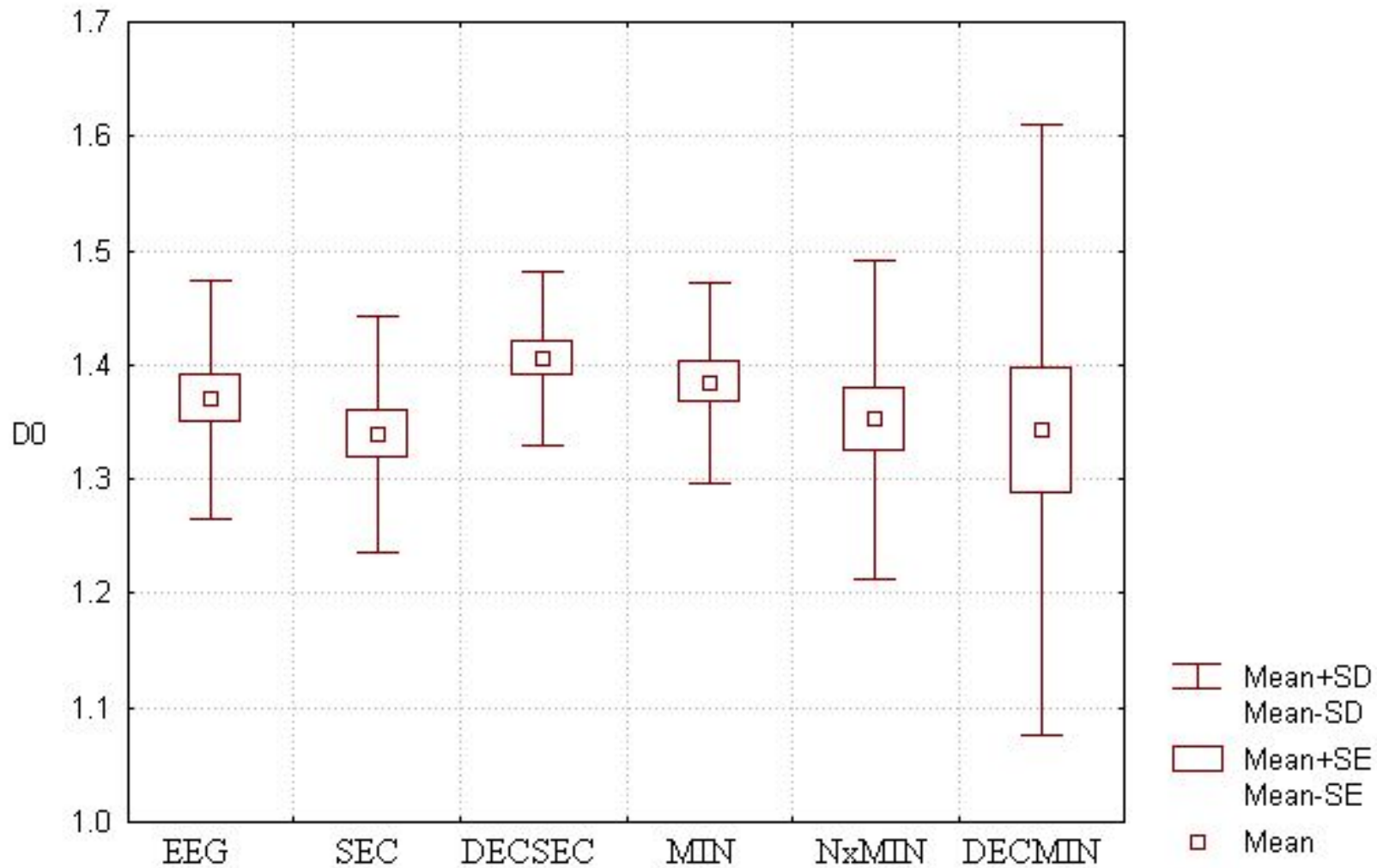




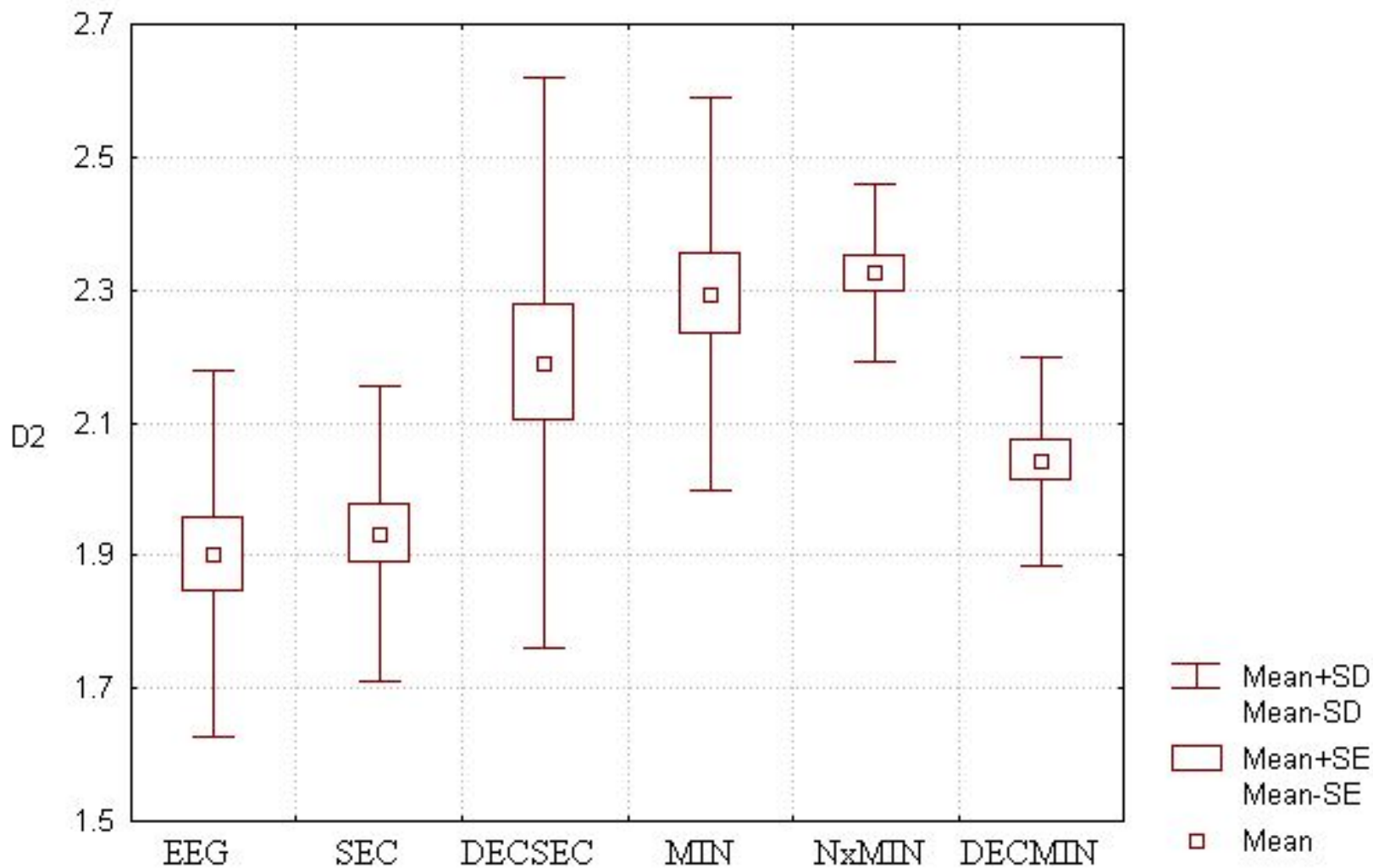
Функции распределения амплитуд БЭА

Диапазоны ЭЭГ и сверхмедленных колебаний
потенциала

Выборки нормированы (преобразование Фишера)



**Фрактальная размерность (D_0)
ЭЭГ и сверхмедленных колебаний
потенциала**



**Глобальная корреляционная
размерность (D_2) ЭЭГ и сверхмедленных
колебаний потенциала**

Результаты

- 1) Не зависят от диапазона регистрации биопотенциалов такие характеристики, как функция распределения амплитуд, скошенность и эксцесс, а также нелинейные показатели D_0 и D_2 .
- 2) Спектральная плотность убывает по закону $1 / f^\beta$. Степенной показатель β стремится к 2.
- 3) Обобщённая фрактальная размерность D_0 , имеющая линейную зависимость от показателя β :

$$D_0 = (5 - \beta) / 2 ,$$

лежит в интервале $[1,3..1,5]$, что немного меньше должной величины (1,5).

Выводы

- 1) Одновременное обнаружение СМК свидетельствует об универсальности этих процессов и их координирующей роли в межорганных и межсистемных взаимодействиях, что обеспечивает **пластичность нервных процессов**, лежащих в основе регуляции уровней бодрствования и направленных, в частности, на повышение эффективности выполнения задачи распознавания в условиях монотонии.
- 2) Полученные экспериментальные данные позволяют подойти к установившейся на сверхмедленные физиологические процессы точке зрения как на отражение единого («универсального» по Аладжаловой) механизма формирования функциональных систем, в первую очередь в деятельности головного мозга, с позиций принципа **самоорганизации**.

Благодарим за внимание!



ВОЗМОЖНОСТИ ЦЭЭГ В РЕГИСТРАЦИИ МЕДЛЕННЫХ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Марагей Р.А., Потулова Л.А., Милованова Г.Б.

ИВНД и НФ РАН

Лаборатория прикладной физиологии ВНД человека

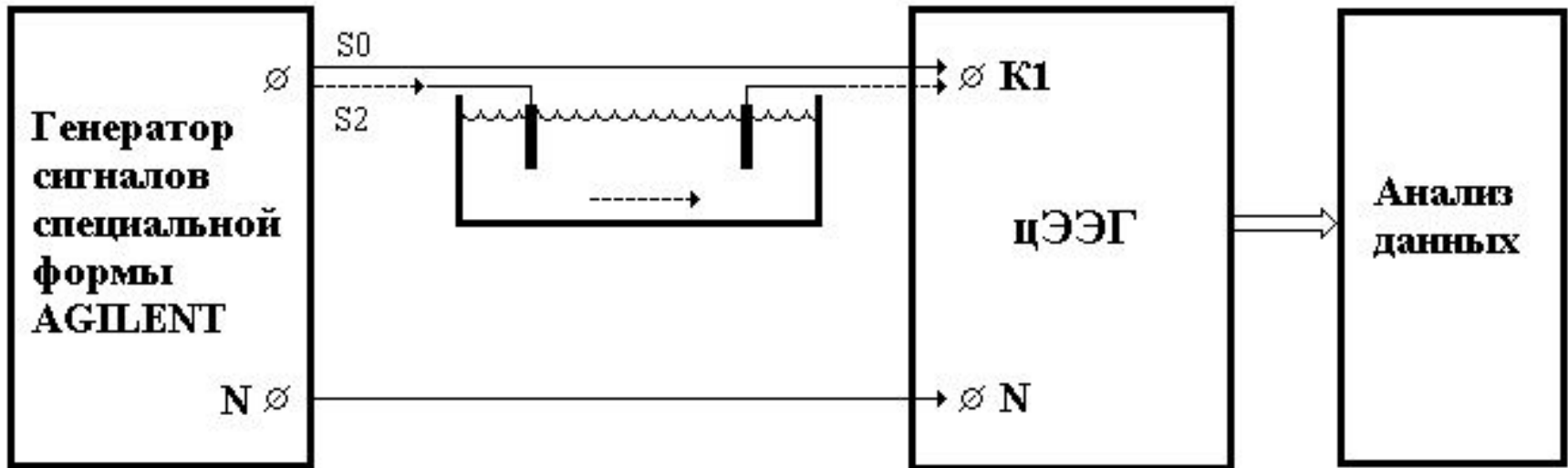
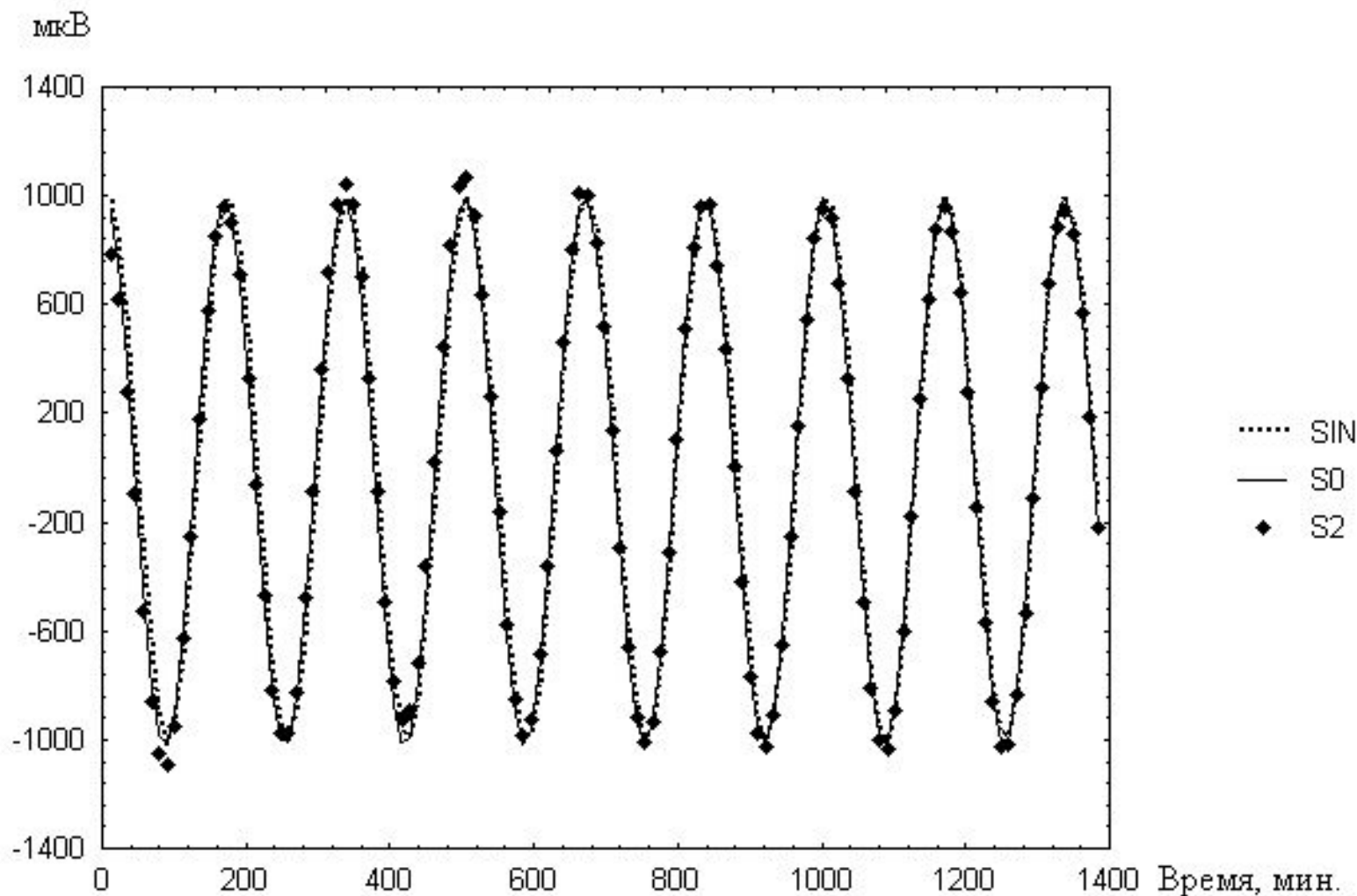


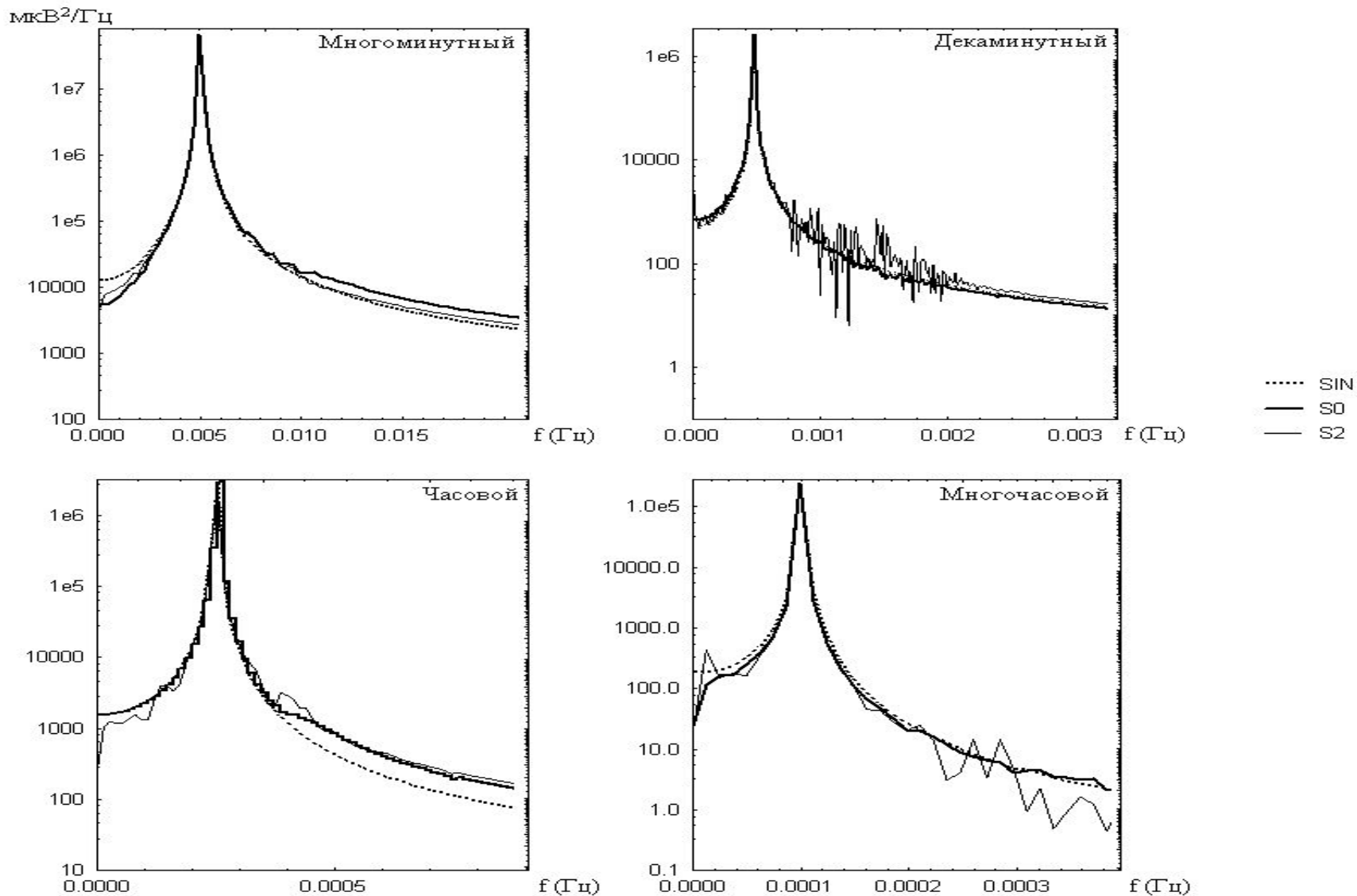
Схема установки для регистрации искажений тестового сигнала

S_0 – режим подачи тестового сигнала непосредственно на вход усилителя;
 S_2 – режим подачи тестового сигнала через электроды.



Тестовые синусоиды с периодом колебания $T = 2 \text{ ч } 46 \text{ м } 40 \text{ с}$

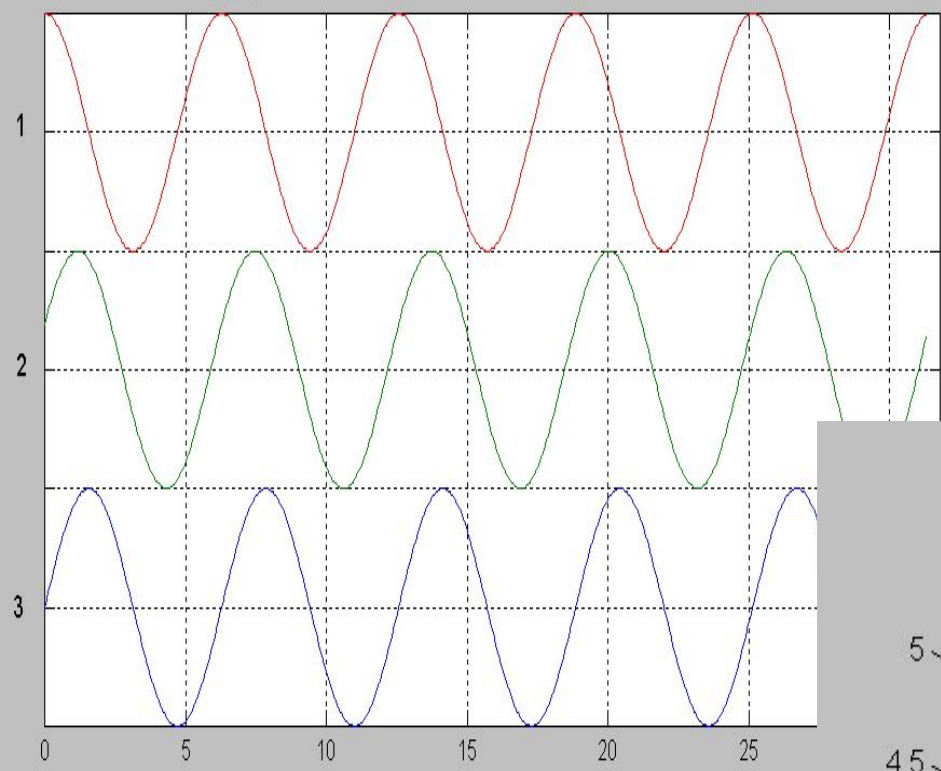
Ось абцисс - время в минутах, ось ординат - амплитуда в мкВ



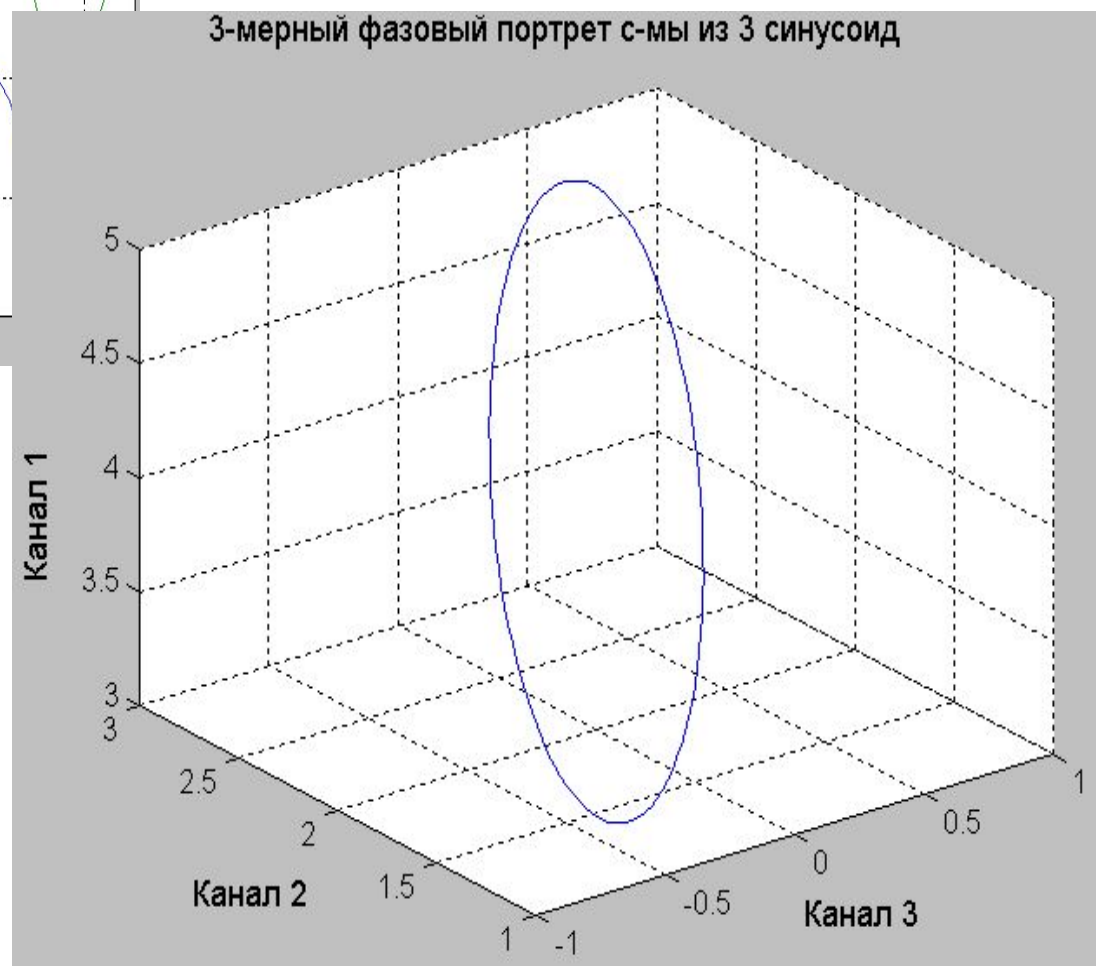
Спектры тестовых сигналов, соответствующих многоминутному, декаминутному, часовому и многочасовому диапазонам

Ось ординат отображена в логарифмической шкале

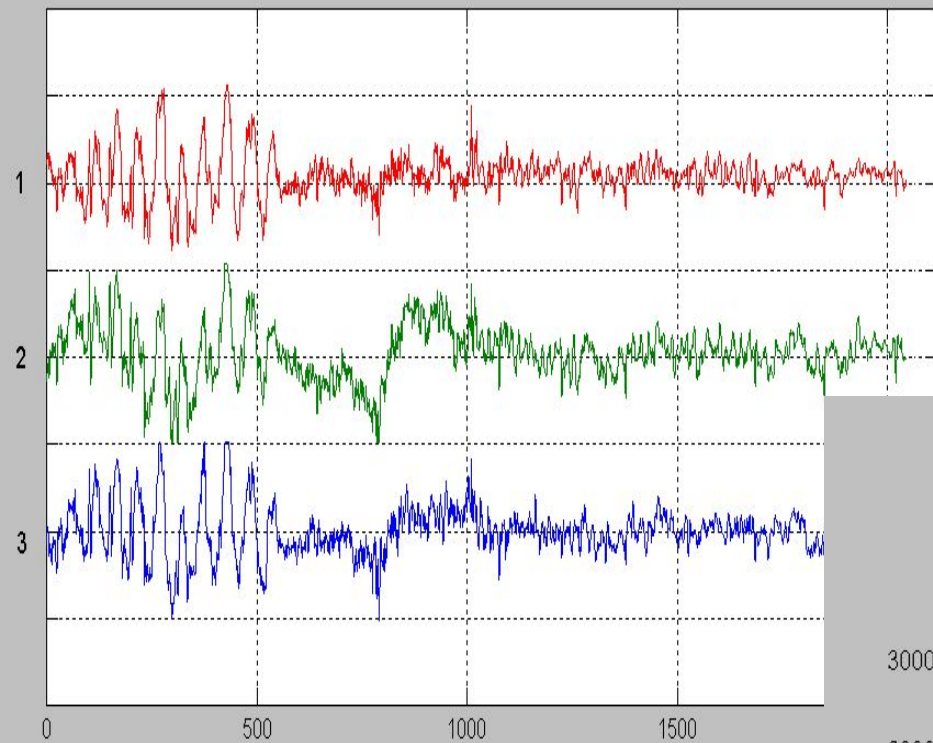
Система из 3 синусоид



3-мерный фазовый портрет с-мы из 3 синусоид



ЭЭГ: каналы 1, 2, 3



3-мерный фазовый портрет с-мы из 3 каналов ЭЭГ

