

# Фрактальные свойства биоэлектрической активности мозга человека

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

ИВНД и НФ РАН

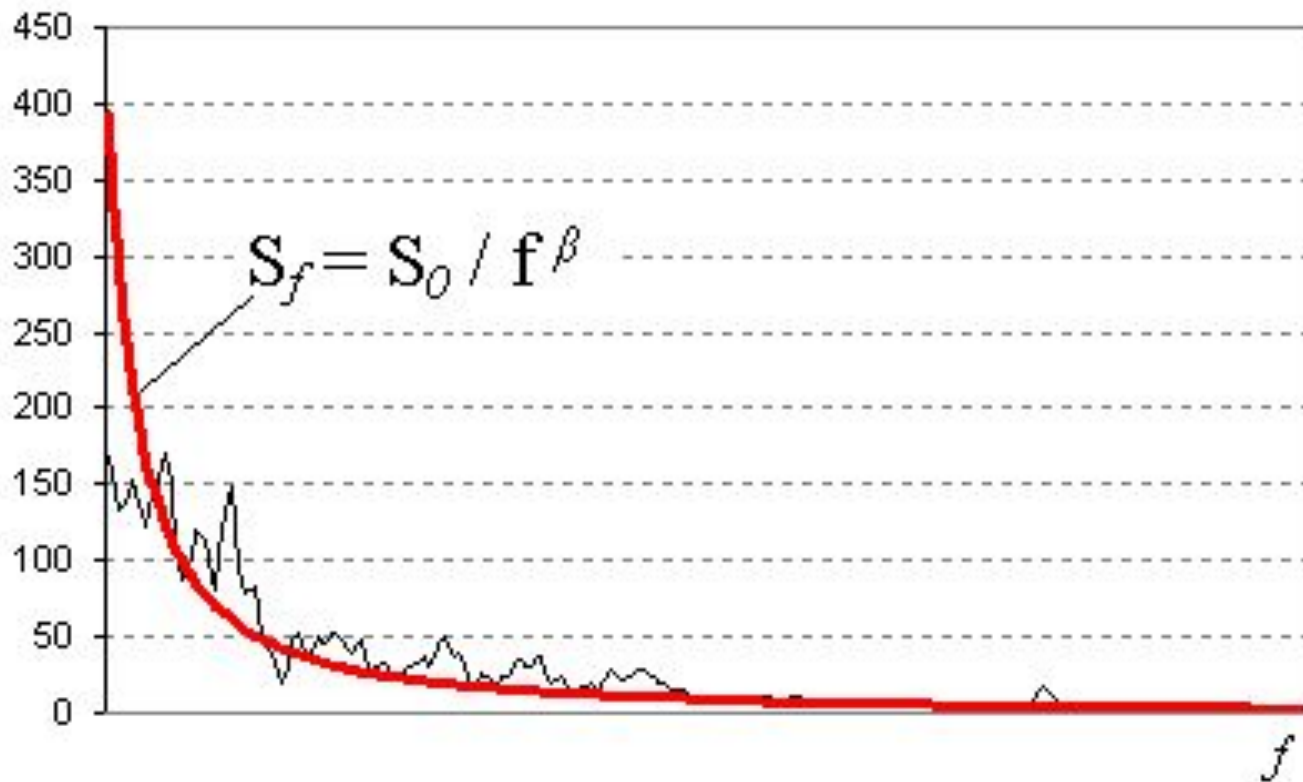
Лаборатория прикладной физиологии ВНД человека

	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.

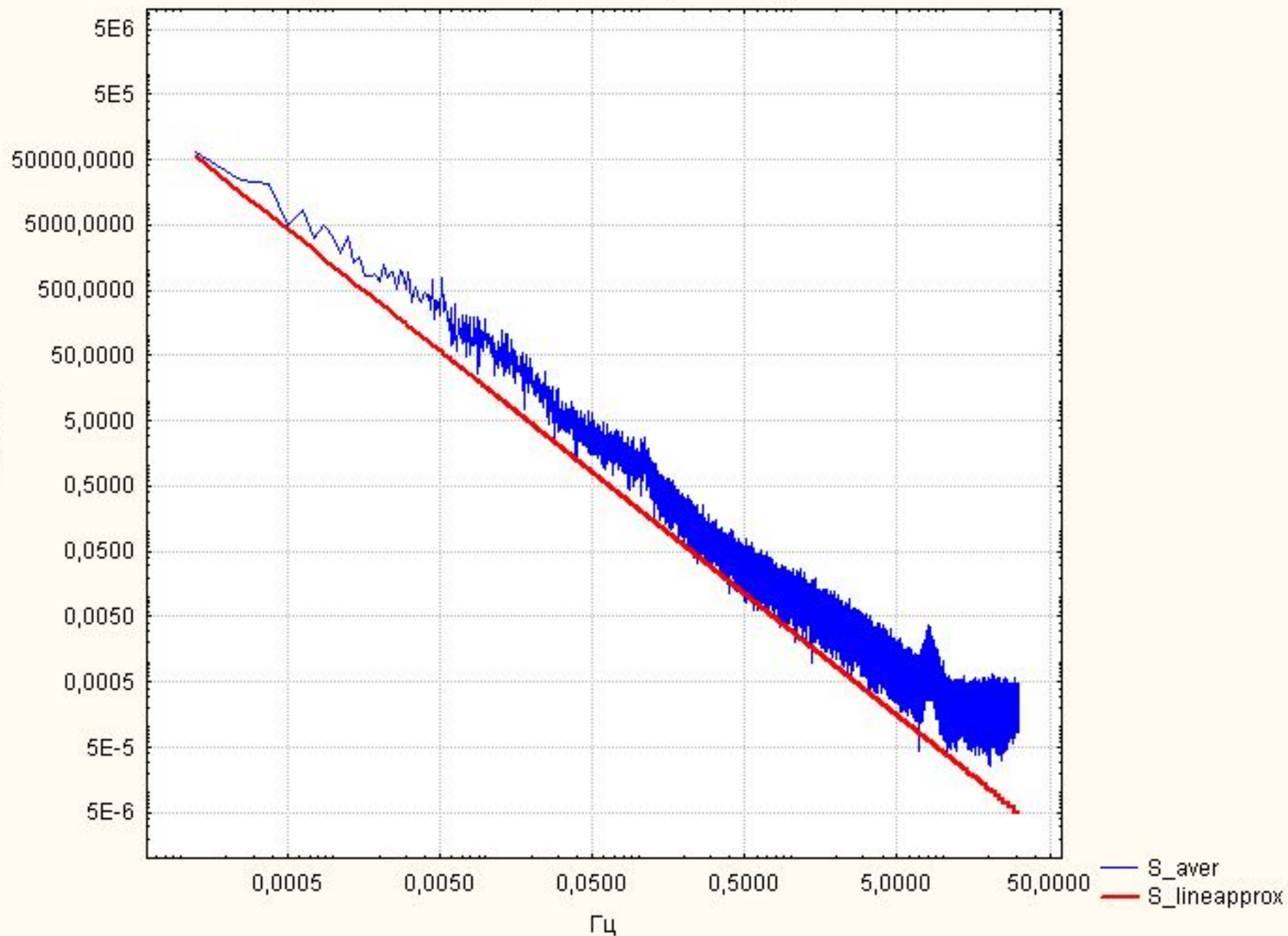


$$\text{Lg}( S_f ) = \text{Lg}( S_0 / f^\beta ) = \text{Lg}( S_0 ) - \text{Lg}( f^\beta )$$

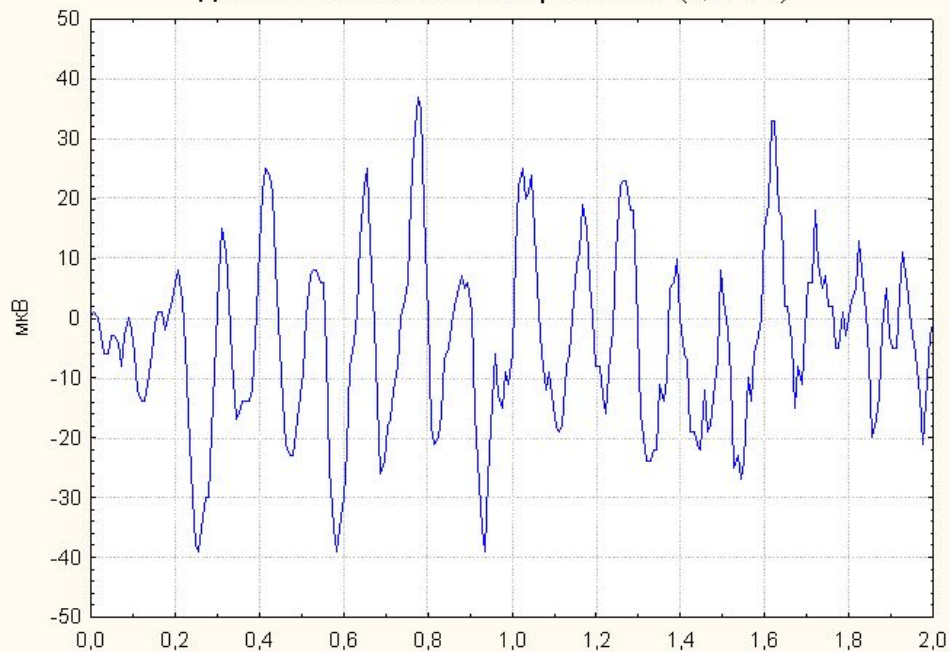
$$\text{Lg}( S_f ) = \text{Lg}( S_0 ) - \beta \times \text{Lg}( f ) \quad // \quad y = k \times x + b$$

**Аппроксимация спектра ЭЭГ традиционного диапазона шумом вида  $S_0/f^\beta$ .**

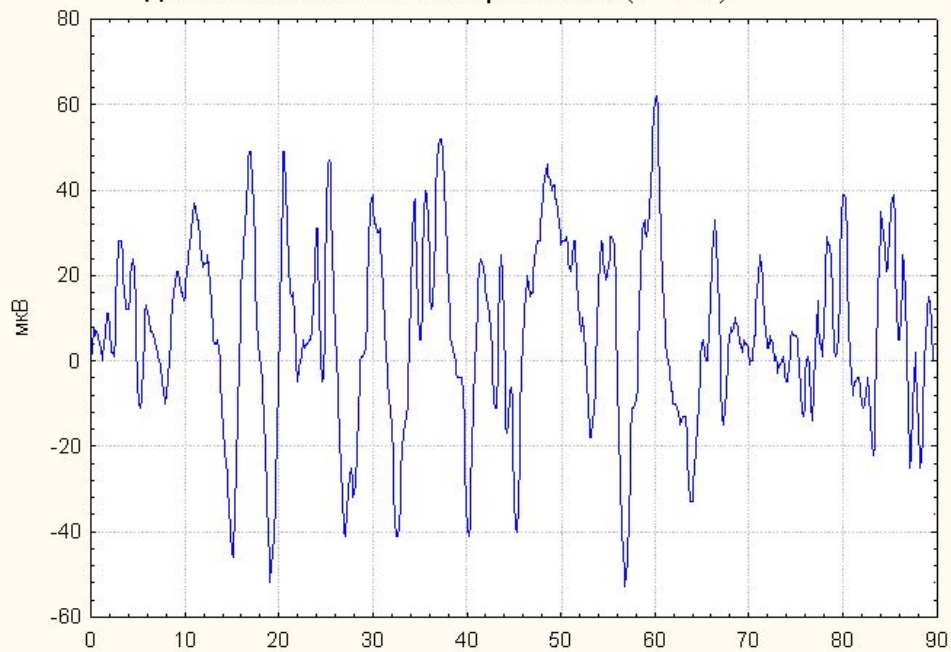
Усреднённый спектр БЭА г.м. (0 - 40 Гц)



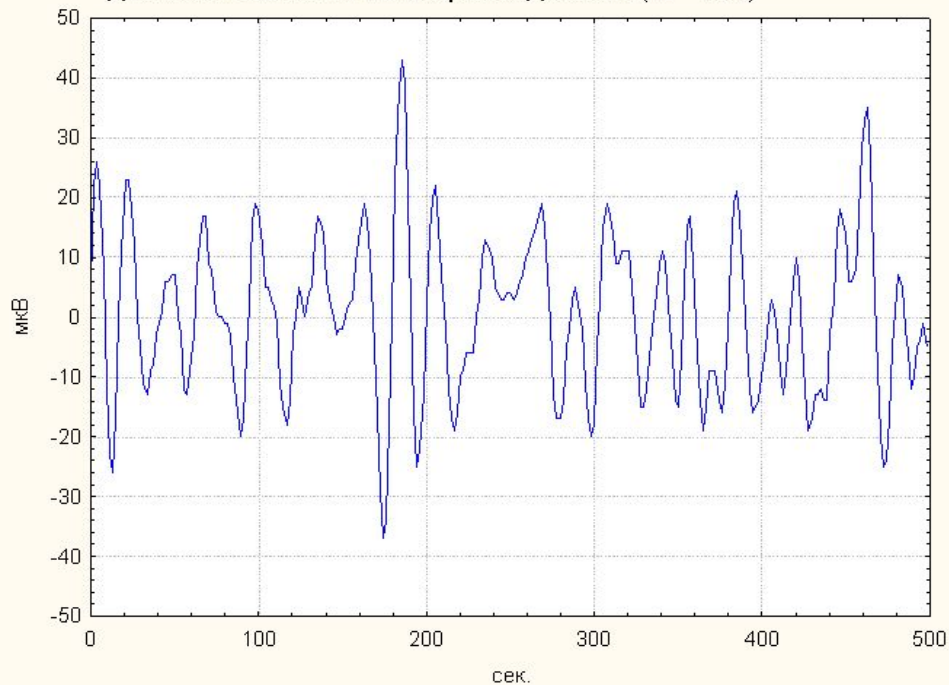
Диапазон колебаний потенциала: ЭЭГ (0,01-1 с)



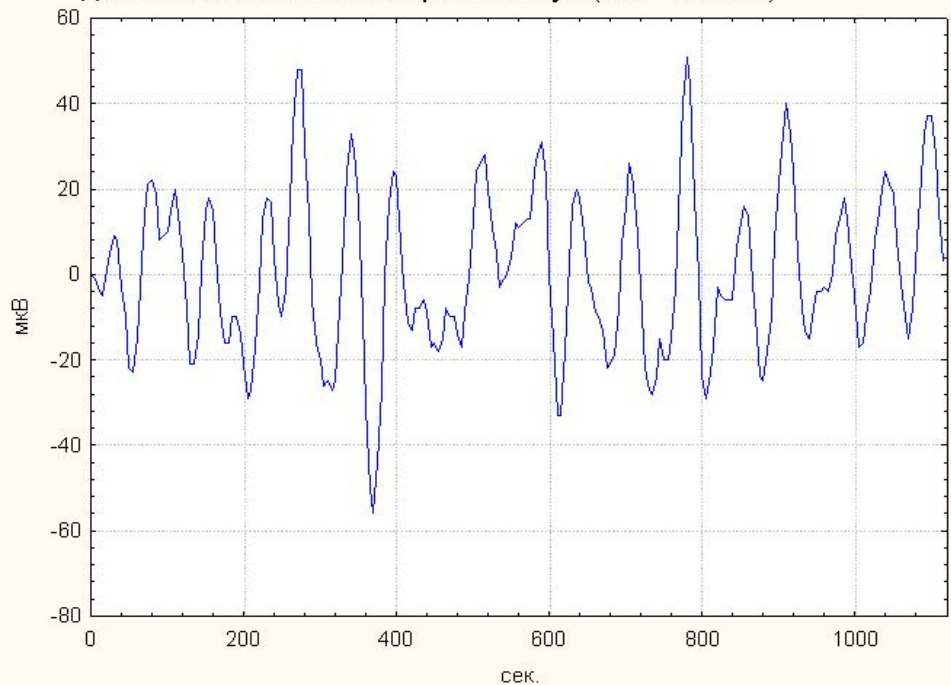
Диапазон колебаний потенциала: Сек. (1 - 15 с)



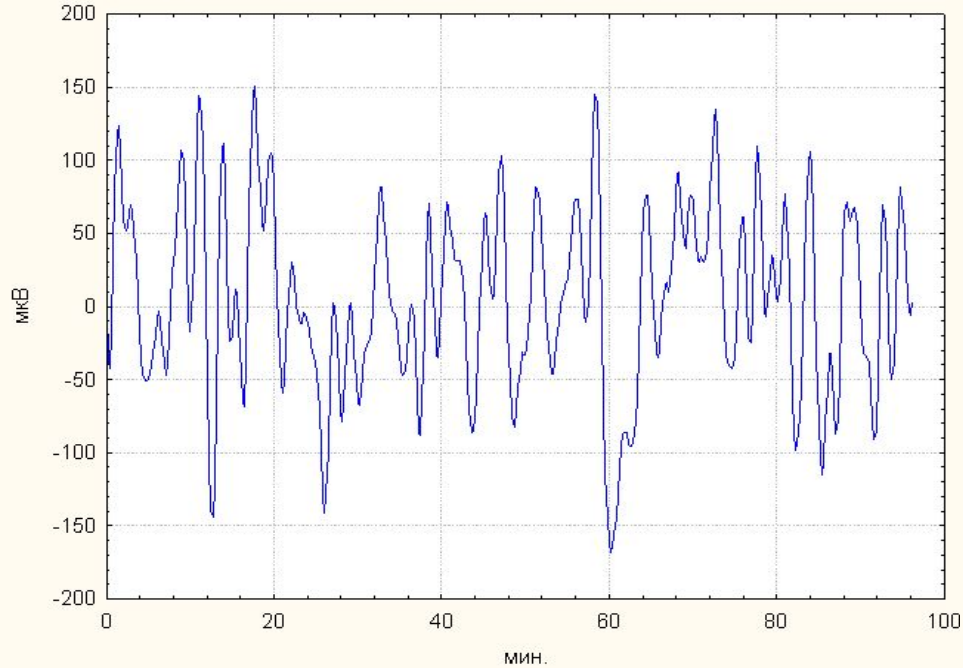
Диапазон колебаний потенциала: Декасек. (15 - 40 с)



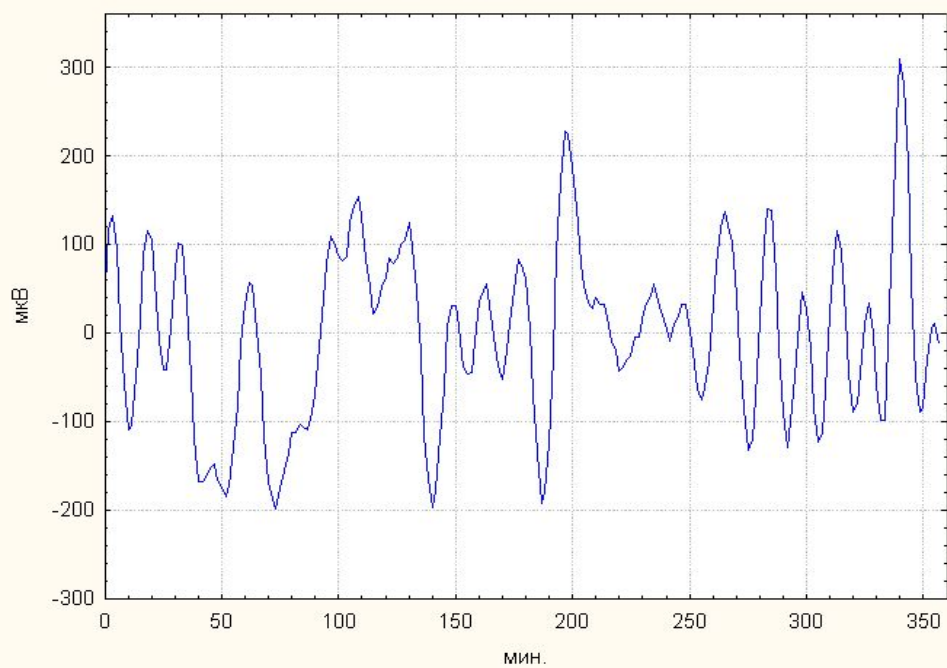
Диапазон колебаний потенциала: Минут. (40 с - 1,5 мин.)



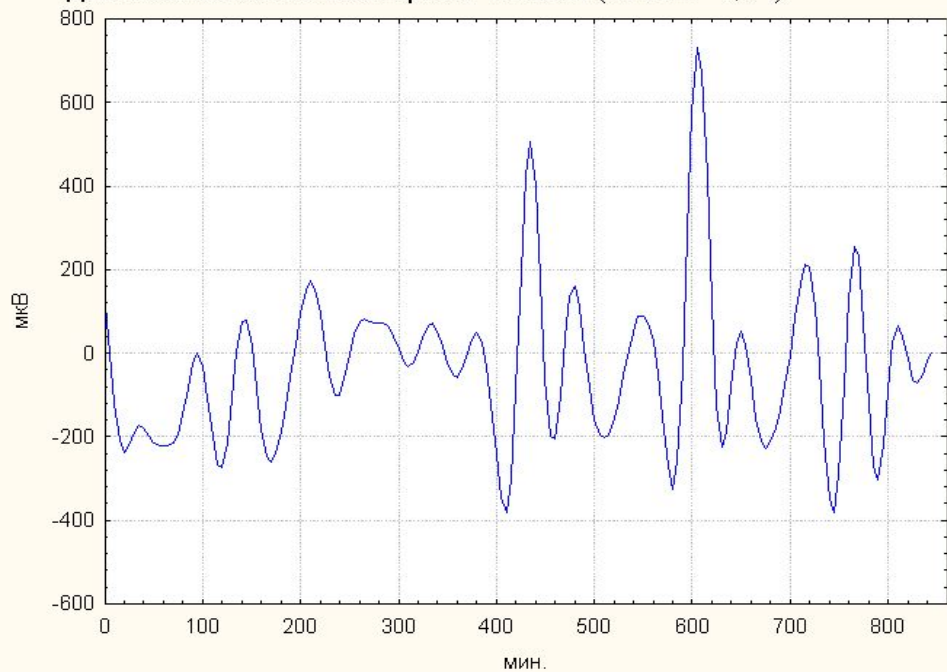
**Диапазон колебаний потенциала: Многоминут. (1,5 - 10 мин.)**



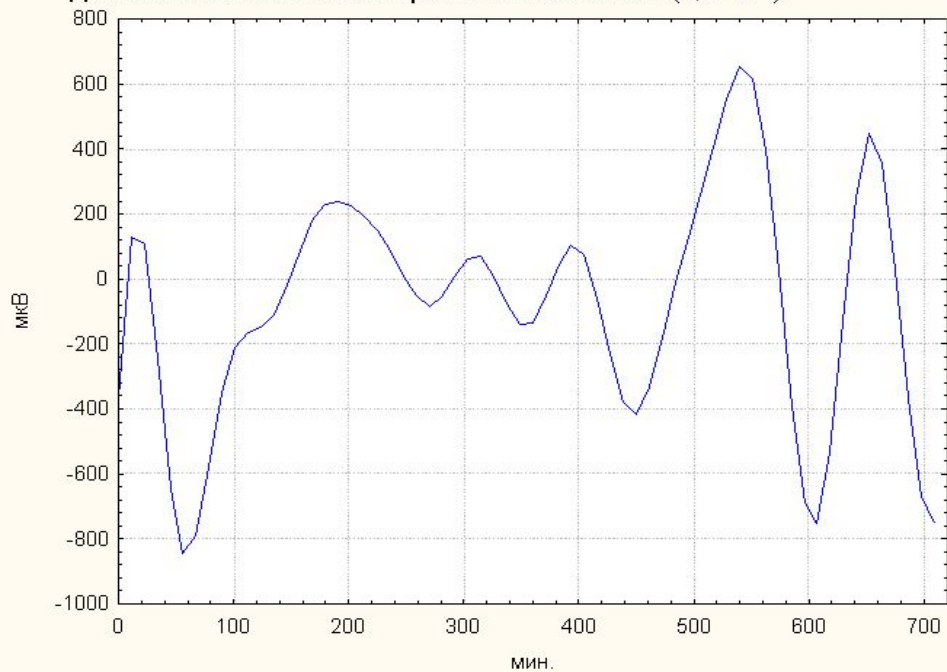
**Диапазон колебаний потенциала: Декаминут. (10 - 40 мин.)**

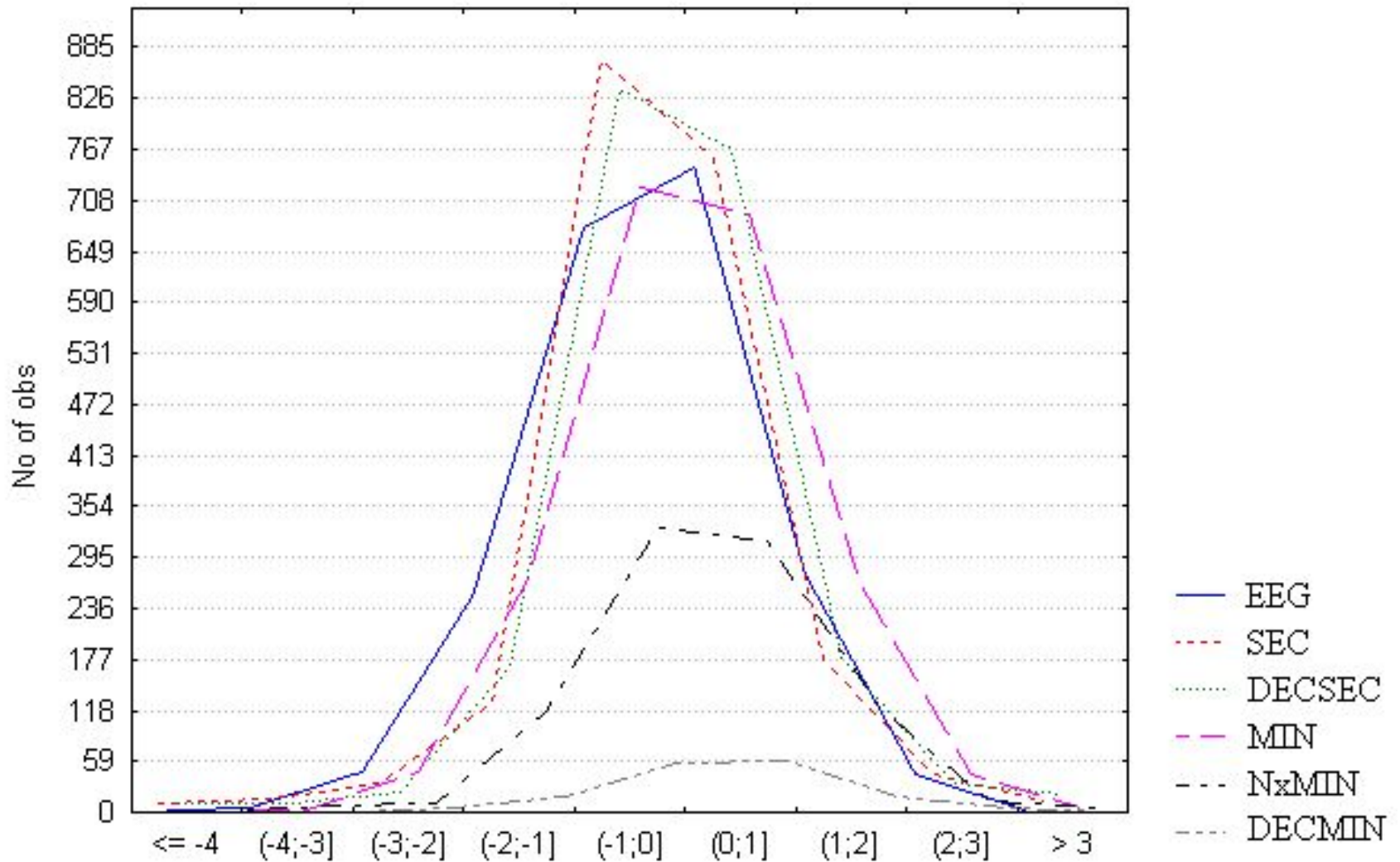


**Диапазон колебаний потенциала: Часовой (40 мин. - 1,5 ч)**



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



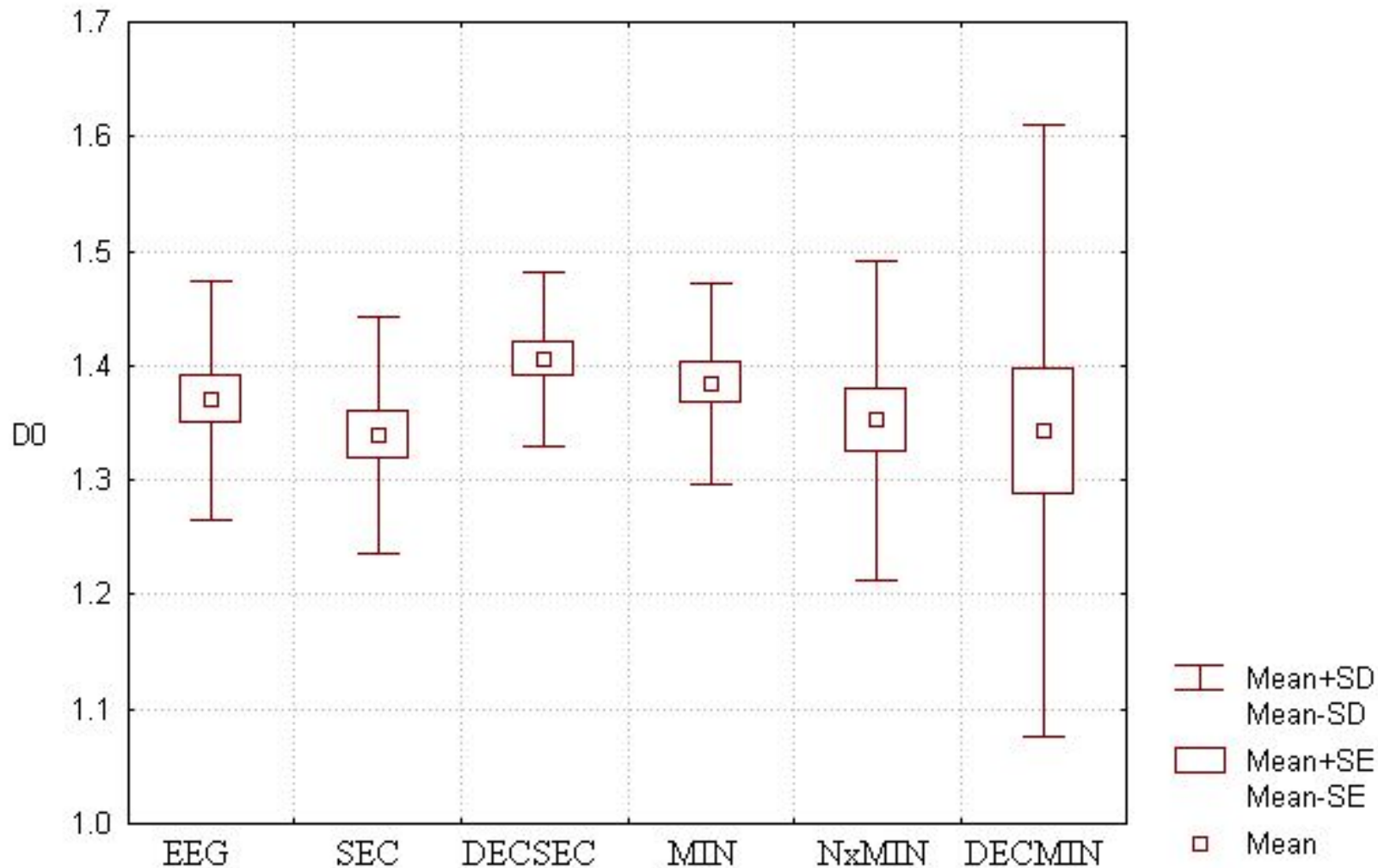


## Функции распределения амплитуд БЭА

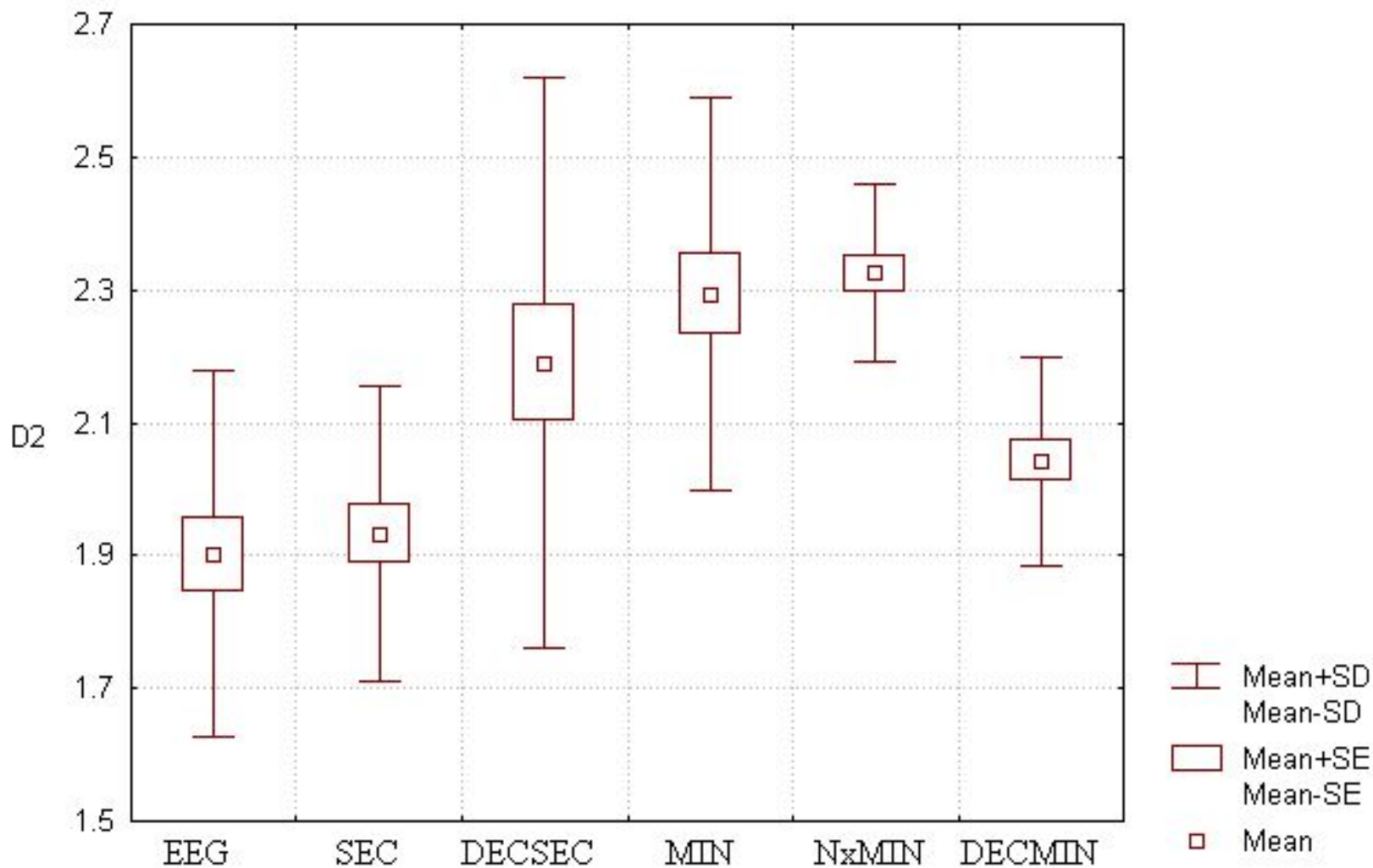
Диапазоны ЭЭГ и сверхмедленных колебаний  
потенциала

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  $\beta$  стремится к 2.
- 3) Обобщённая фрактальная размерность  $D_0$ , имеющая линейную зависимость от показателя  $\beta$ :

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

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!



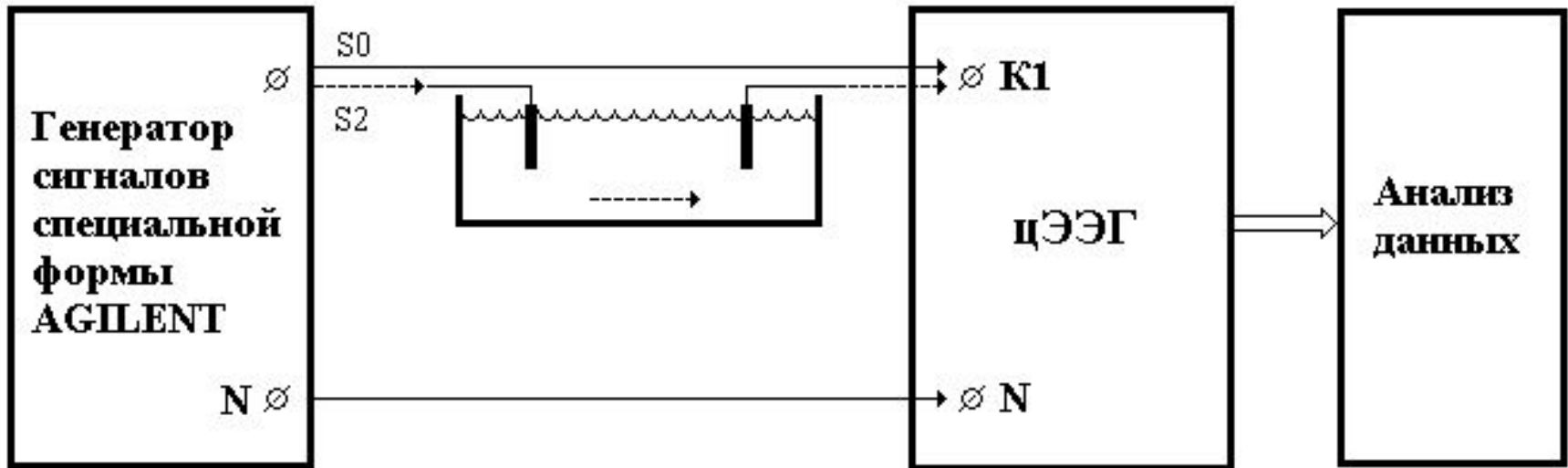


# ВОЗМОЖНОСТИ ЦЭЭГ В РЕГИСТРАЦИИ МЕДЛЕННЫХ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

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

ИВНД и НФ РАН

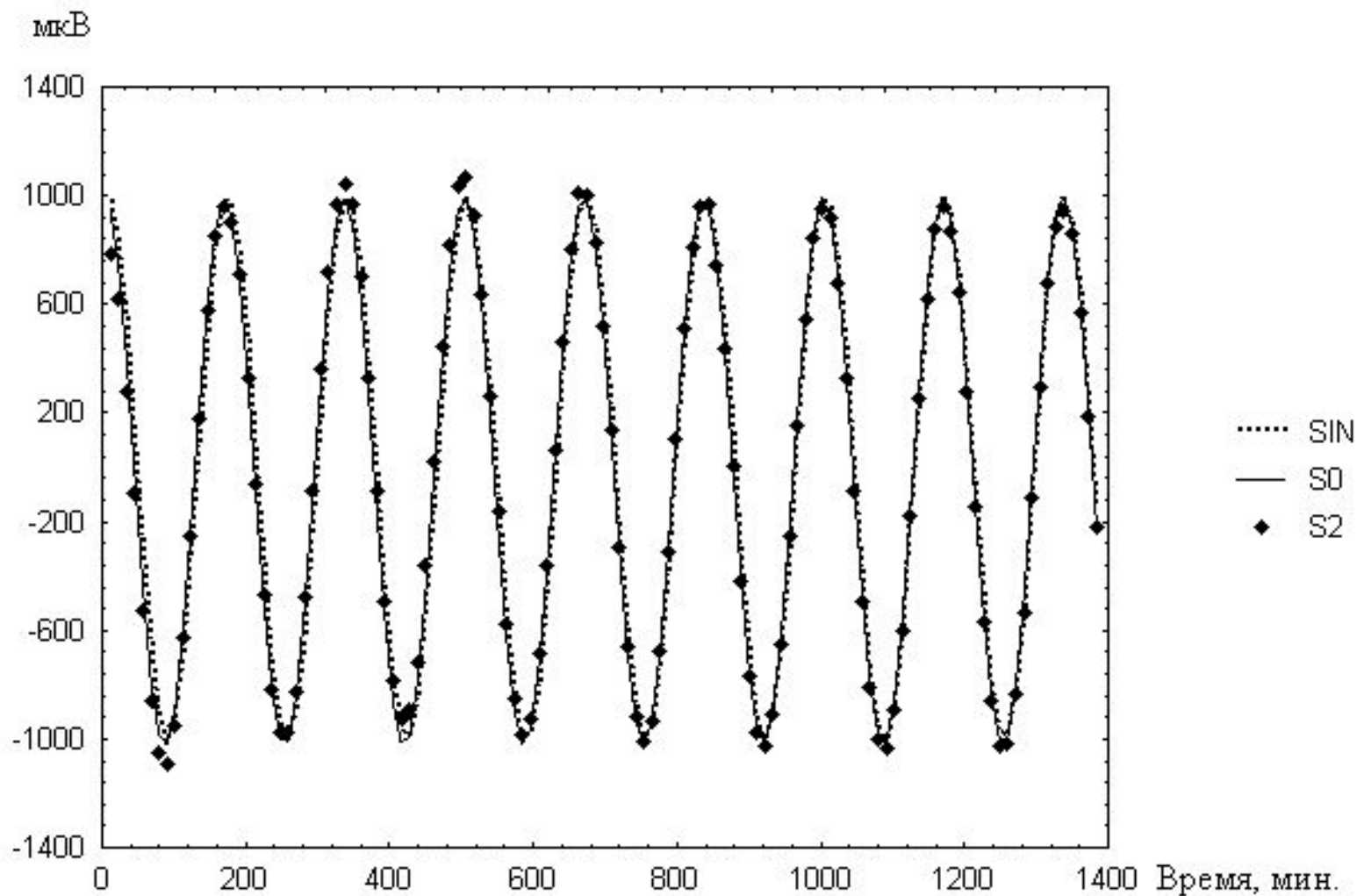
Лаборатория прикладной физиологии ВНД человека



**Схема установки для регистрации искажений тестового сигнала**

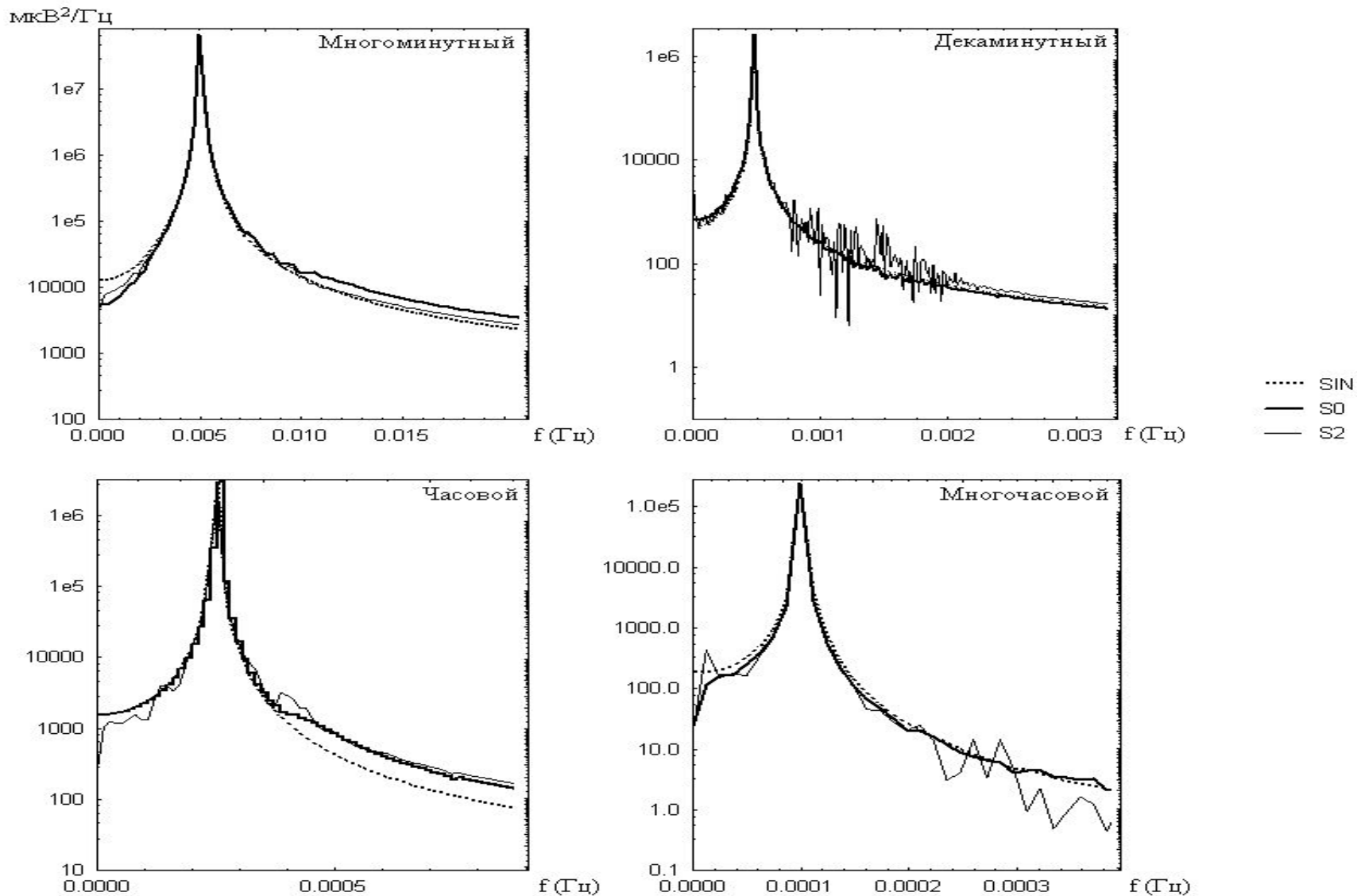
**$S0$  – режим подачи тестового сигнала непосредственно на вход усилителя;  
 $S2$  – режим подачи тестового сигнала через электроды.**





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

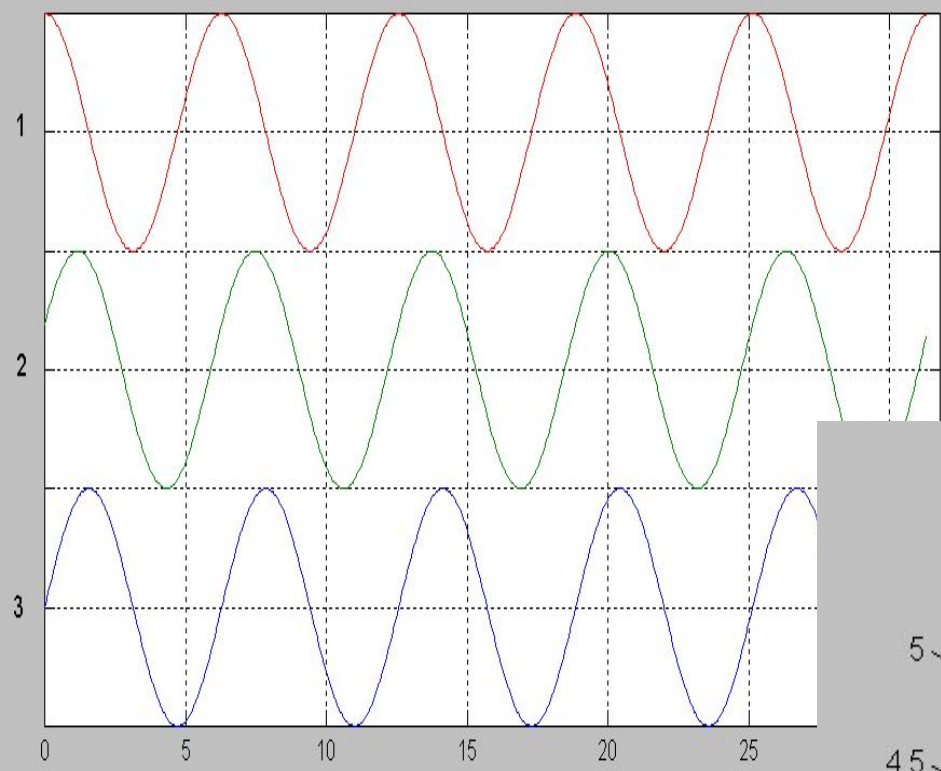
Ось абцисс - время в минутах, ось ординат - амплитуда в мкВ



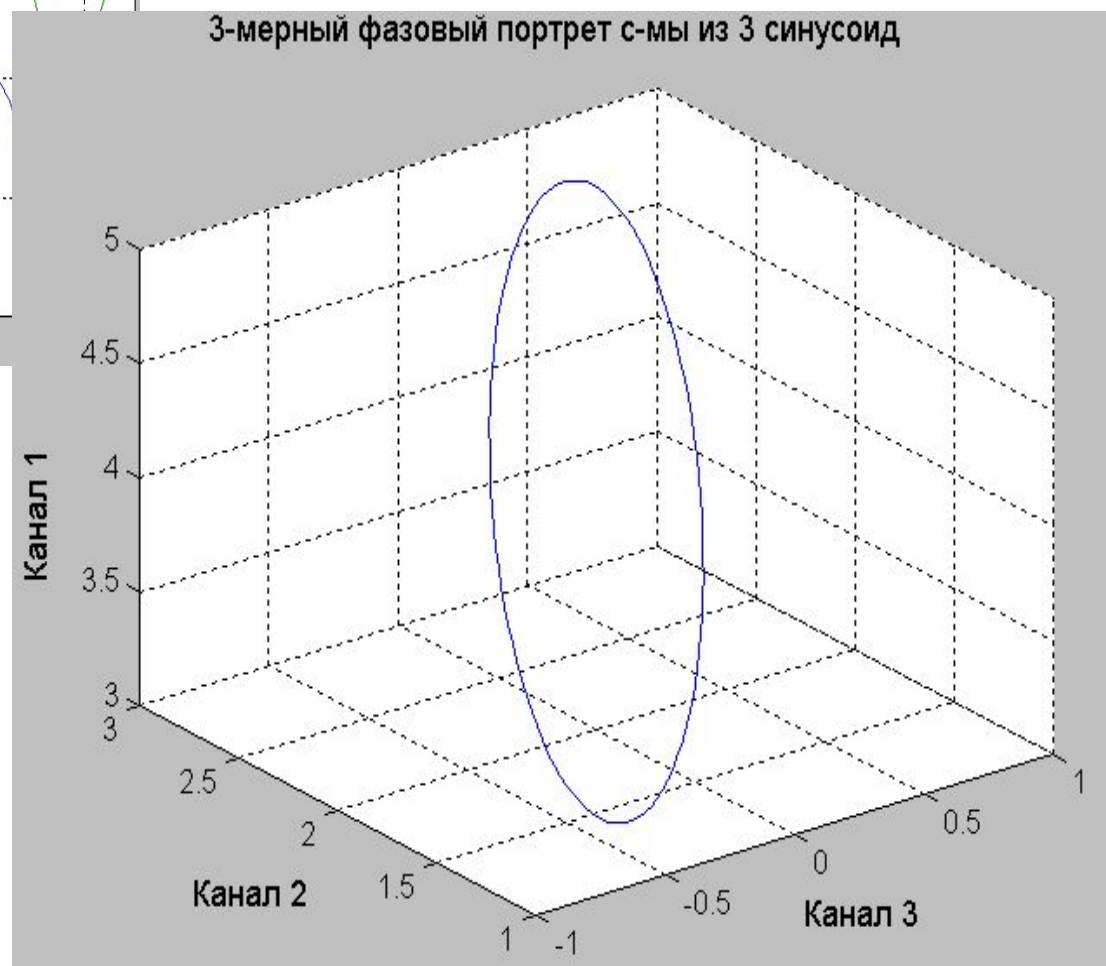
**Спектры тестовых сигналов, соответствующих многоминутному, декаминутному, часовому и многочасовому диапазонам**

Ось ординат отображена в логарифмической шкале

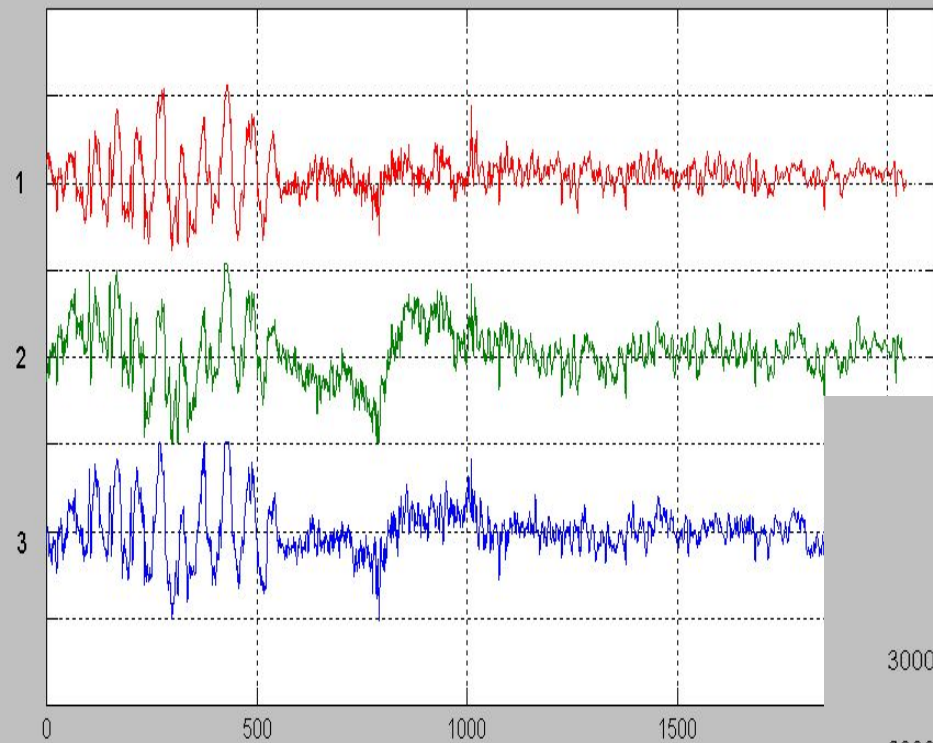
Система из 3 синусоид



3-мерный фазовый портрет с-мы из 3 синусоид



ЭЭГ: каналы 1, 2, 3



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

