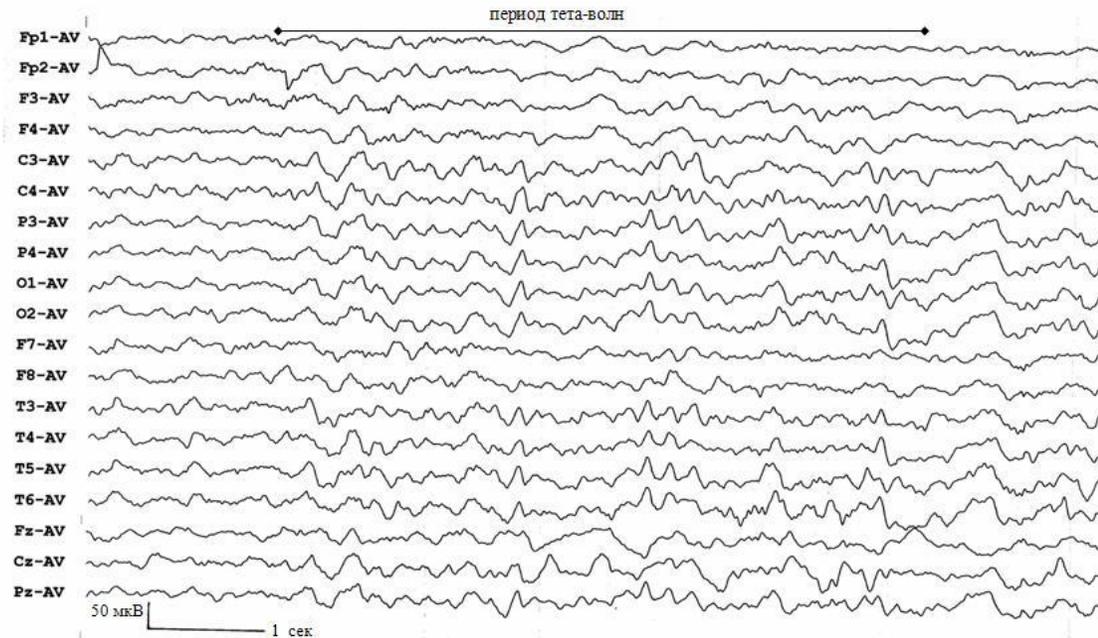


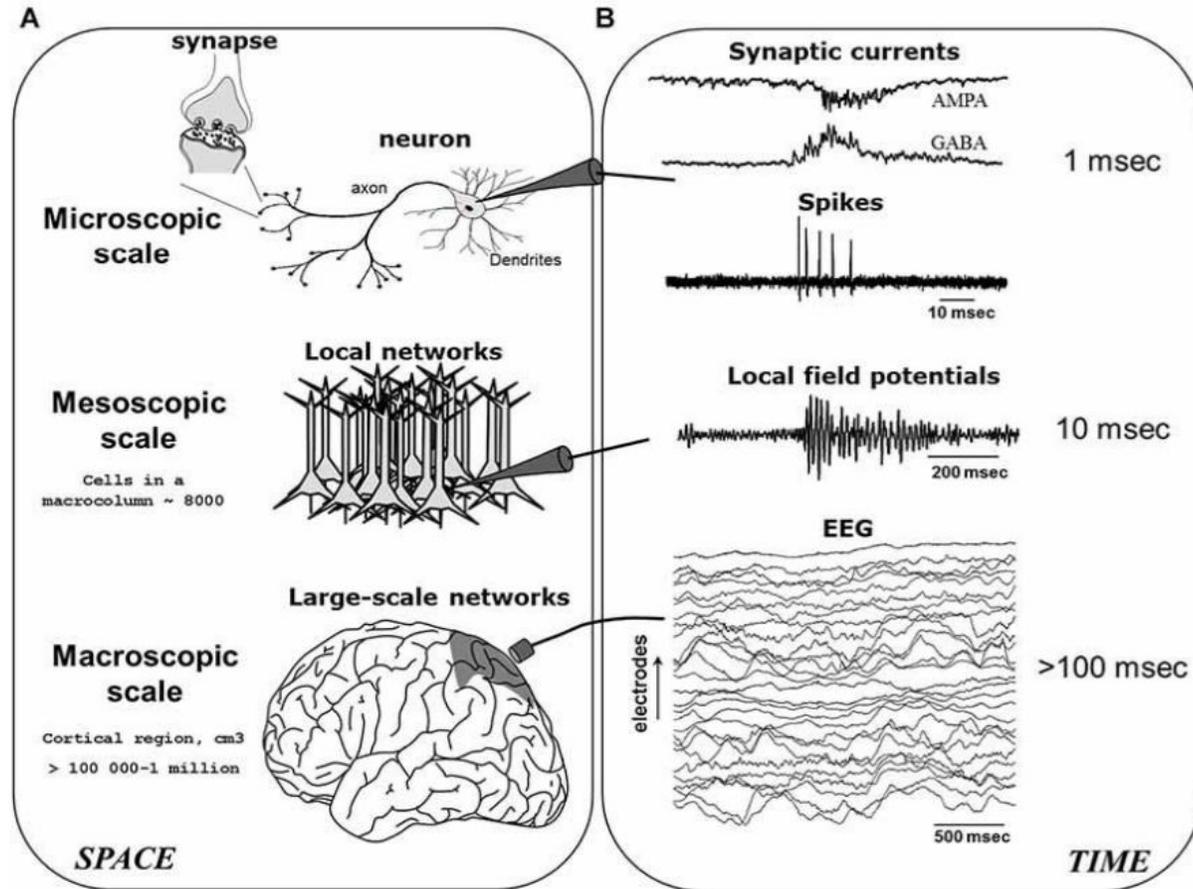
# ОСНОВЫ ЭЭГ

**Электроэнцефалография (ЭЭГ) - неинвазивный метод исследования головного мозга, основанный на регистрации его электрических потенциалов.**



ЭЭГ представляет собой отражение сложного колебательного электрического процесса, который является результатом временной и пространственной суммации элементарных процессов, протекающих в нейронах головного мозга с учетом физиологического состояния человека.

# Генерация ЭЭГ сетью осцилляторов



ЭЭГ сигнал является интеграцией нейрональной активности в различных пространственных (A) и временных (B) шкалах. (Le Van Quyen (2011) ).

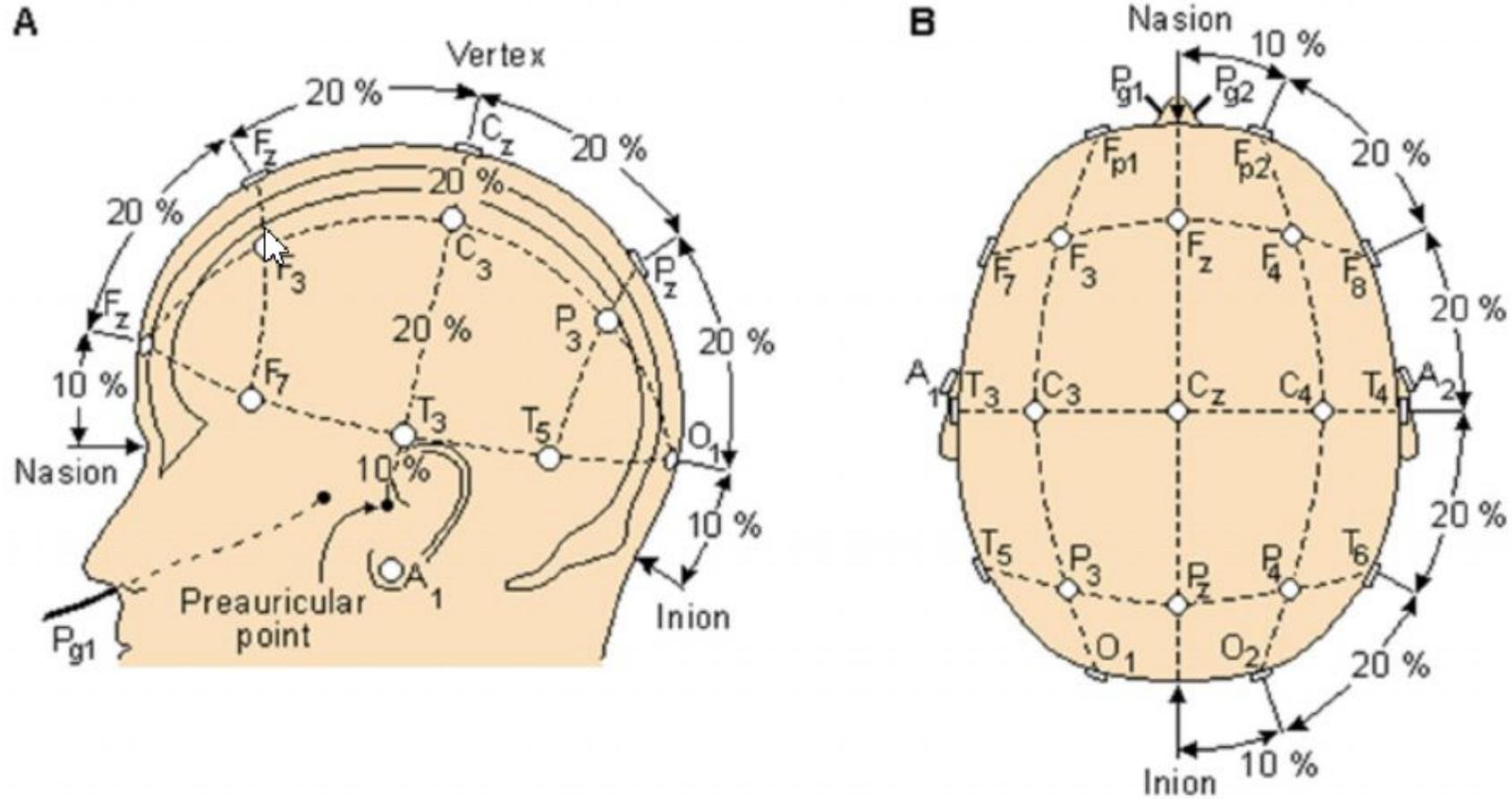


# Отведение и запись ЭЭГ

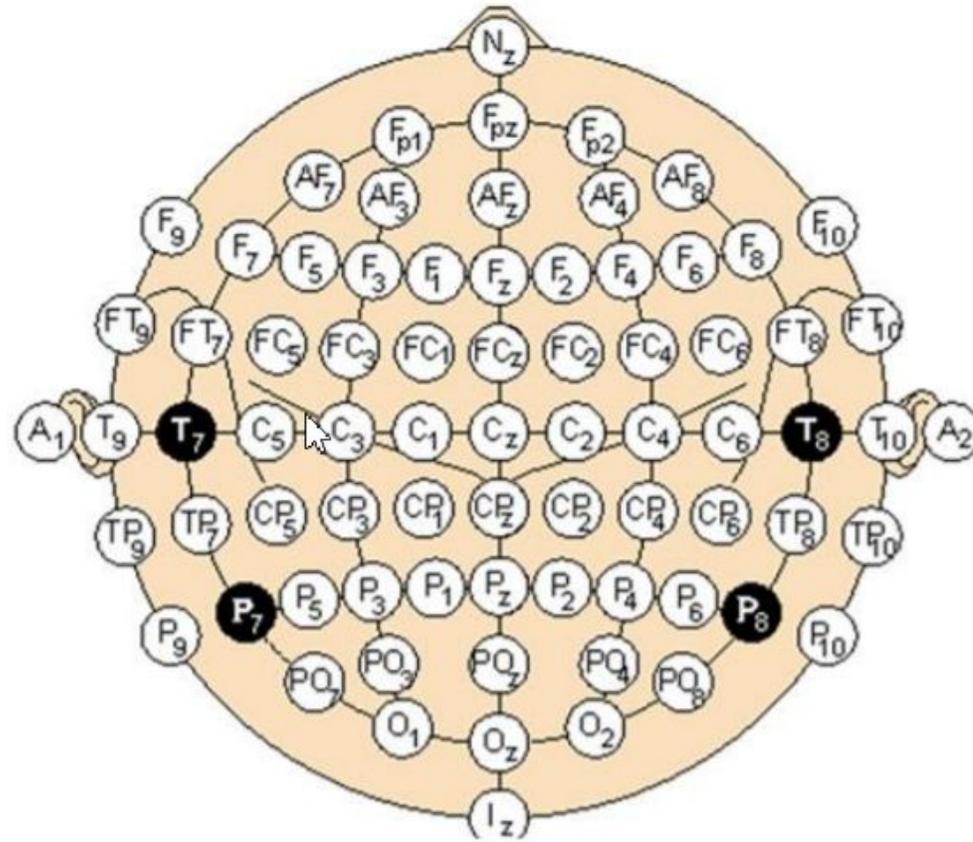
Требования к схемам отведений электродов:

1. Должны быть представлены все основные отделы конвекситальной поверхности мозга - лобные, центральные, теменные, затылочные, передние и задние височные;
2. Поскольку одной из основных характеристик нормальной ЭЭГ является ее симметричность, электроды должны располагаться симметрично относительно сагиттальной линии головы;
3. Так как разность потенциалов зависит от расстояния между электродами, то расстояния между всеми соседними электродами должны быть одинаковыми.

## Схемы наложения электродов



Международная схема "10-20", вид слева (A), вид сверху (B). A = мочка уха, C = central, Pg = nasopharyngeal, P = parietal, F = frontal, Fp = frontal polar, O = occipital.



Расположение и номенклатура промежуточных 10% электродов, стандартизированных Американским электроэнцефалографическим обществом.

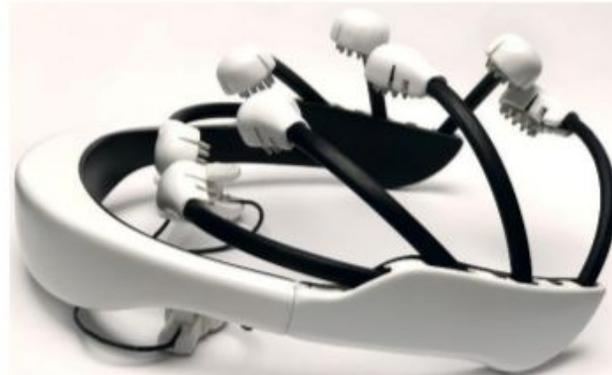
(Redrawn от Sharbrough, 1991.).

# Варианты отведения потенциалов

- Монополярным называют отведение, когда на один из входов усилителя подается электрический потенциал от электрода, стоящего над определенной областью мозга, а на другой - потенциал от электрода, установленного на определенном удалении от мозга. Электрод, расположенный над мозгом называют активным, рабочим (exploring). Электрод, удаленный от мозговой ткани, называют пассивным, референтным или индифферентным.
- Биполярным называют отведение, при котором к положительному и отрицательному входам усилителя присоединяют электроды, расположенные над мозгом. В этом случае, регистрируемый потенциал отражает сумму колебаний потенциала под двумя электродами, и вывод о форме колебания потенциала под каждым из электродов сделать невозможно.

# Электроды

- При записи ЭЭГ регистрируется разность потенциалов между двумя точками поверхности головы обследуемого.
- Соответственно этому на каждый канал регистрации подаются напряжения, отведенные двумя электродами: одно на положительный, другое на отрицательный вход канала усиления.
- Контактные накладные неприклеивающиеся электроды, которые прилегают к голове при помощи тяжелой шлема-сетки;
- Мостиковые электроды
- Приклеивающиеся электроды;
- Базальные электроды;
- Игольчатые электроды;
- Чашечковые электроды.



- После электродов эл.потенциалы подаются на усилитель. Он содержит ряд пронумерованных контактных гнезд для подключения электродов к усилителю. Гнездо для подключения к приборной земле усилителя электрода, который размещается на теле испытуемого и называется электродом заземления.

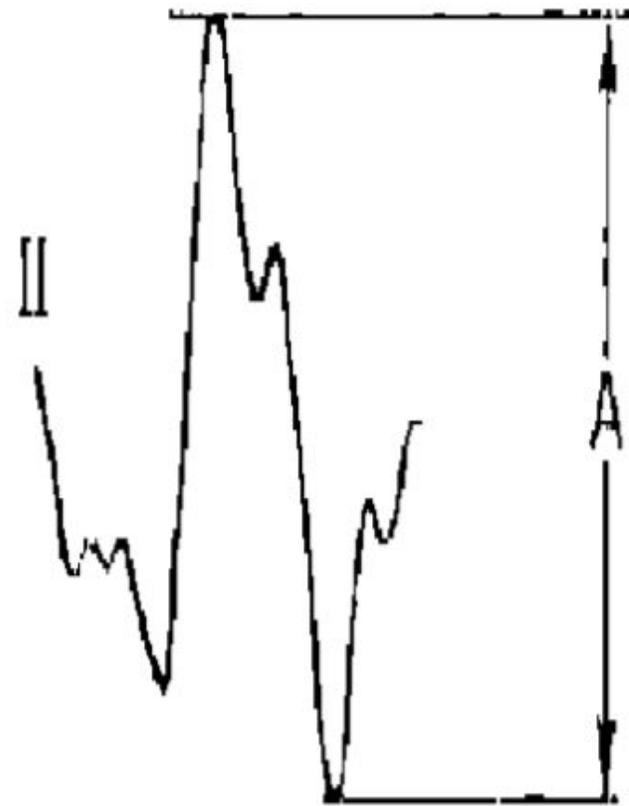
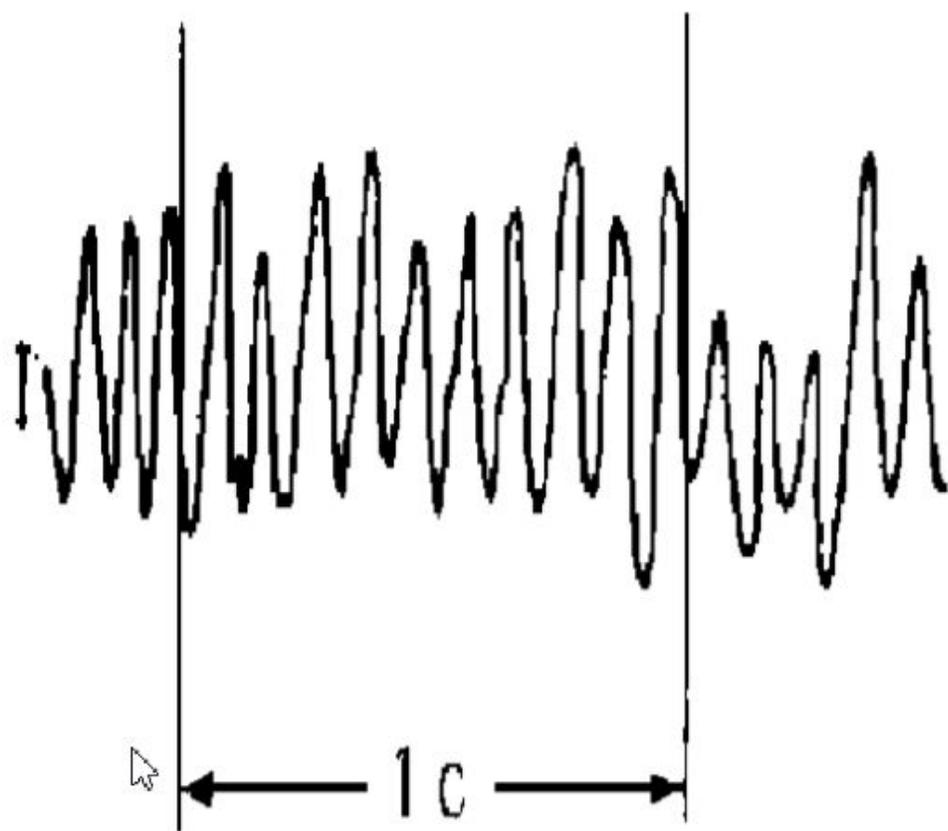
### **Фильтры**

- Фильтр высоких частот - устройство, которое понижает чувствительность канала ЭЭГ к относительно высоким частотам.
- Фильтр низких частот - устройство, которое понижает чувствительность канала ЭЭГ к относительно низким частотам.

# Основные характеристики ЭЭГ

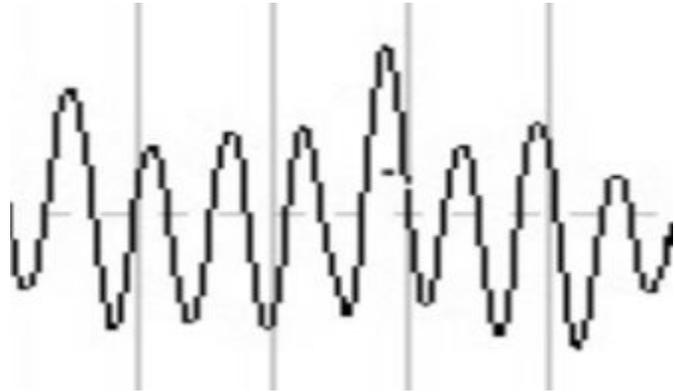
- **Частота** - определяется количеством колебаний в секунду, ее записывают соответствующим числом и выражают в герцах ( Гц ). Поскольку ЭЭГ представляет собой вероятностный процесс, на каждом участке записи встречаются волны различных частот, поэтому в заключение приводят среднюю частоту оцениваемой активности.
- **Амплитуда** - размах колебаний электрического потенциала на ЭЭГ, ее измеряют от пика предшествующей волны до пика последующей волны в противоположной фазе; оценивают амплитуду в микровольтах ( мкВ ).

# Частота и амплитуда



# Основные биоритмы ЭЭГ

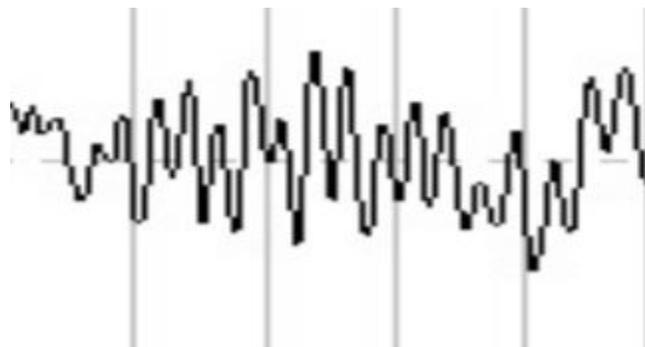
**Альфа ритм**



**Тета-активность**

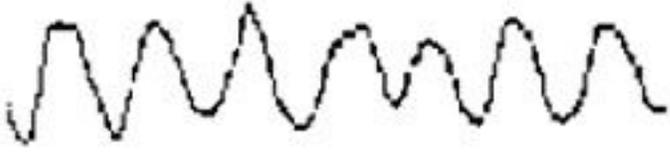
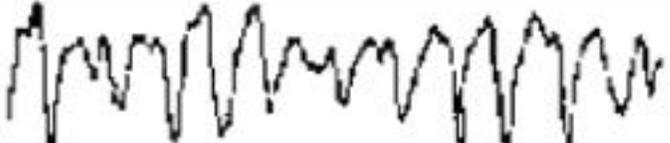
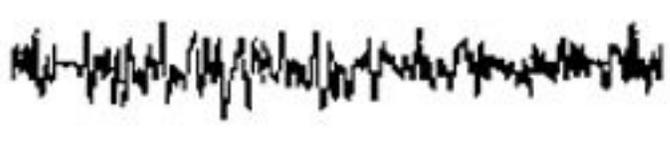


**Бета-активность**



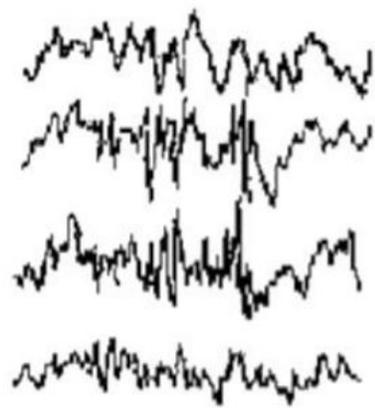
**Дельта-активность**



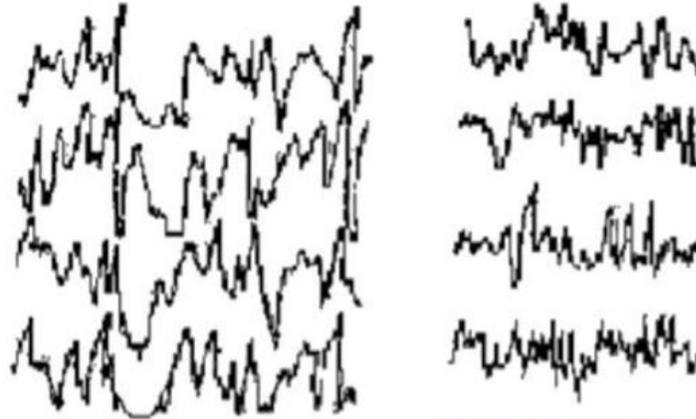
График ЭЭГ	Биоритмы мозговых структур	Состояния, отражаемые ритмом
	<b>Δ (дельта)-волны</b> <b>0.5-3,5</b> <b>колебания/сек</b>	Естественный сон, бодрствование (до 15% ритмов)
	<b>θ (тетта)-волны</b> <b>4-7</b> <b>колебаний/сек</b>	Естественный сон (преобладает у детей)
	<b>Α (альфа)-волны</b> <b>8-</b> <b>13 колебаний/сек</b>	Состояние покоя, бодрствование, глаза прикрыты веками
	<b>Β (бетта)-волны</b> <b>13,5-30</b> <b>колебаний/сек</b>	Тревожность, беспокойство, депрессия, прием седативных препаратов

# Виды волн на ЭЭГ

спайки



острые волны

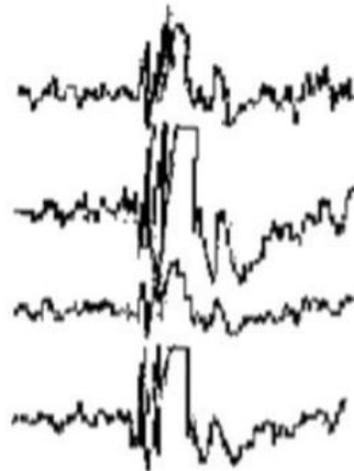


1 с

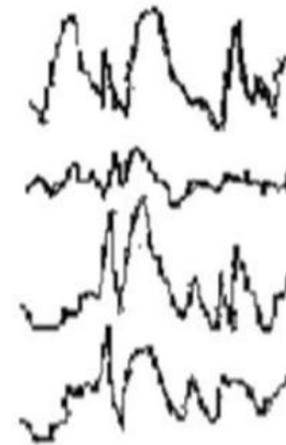
спайк-волна



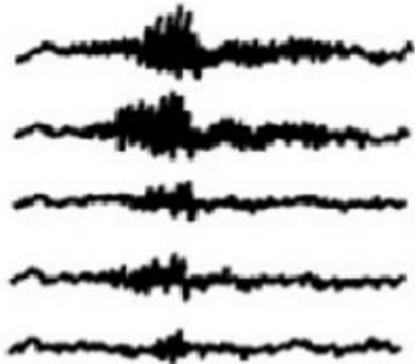
множественные спайки-волна



острая-волна  
-медленная-волна



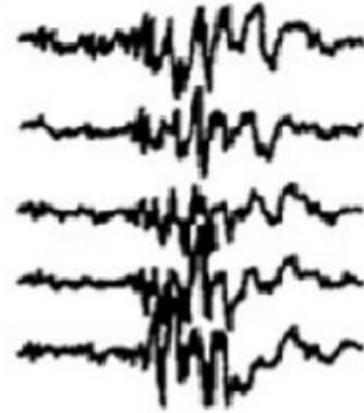
# Вспышки и разряды



альфа-волн  
высокой амплитуды



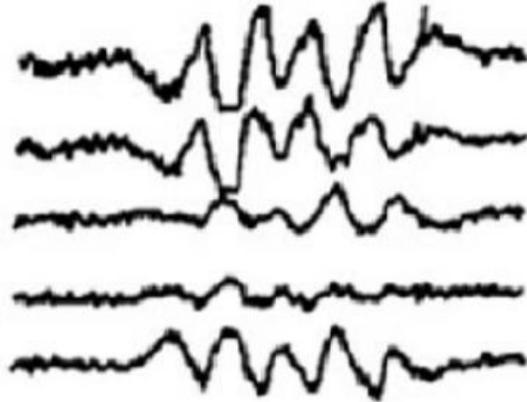
бета-волн  
высокой  
амплитуды



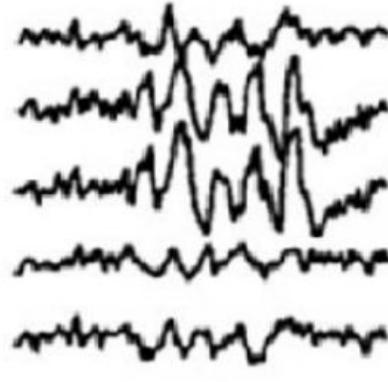
острых волн



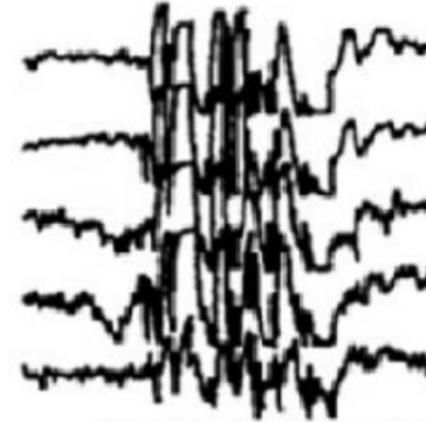
полифазных колебаний



дельта-волн



тета-волн



комплексов спайк-волна

# Современные варианты использования ЭЭГ

- Рутинная ЭЭГ,
- Суточное ЭЭГ-мониторирование,
- ЭЭГ-мониторинг ночного сна,
- ЭЭГ-БОС-терапия, в том числе в спорте,
- ВСІ,
- Телеметрическое мониторирование,
- Картирование мозга,
- Магнитоэнцефалография,
- ТМС-ЭЭГ,
- Одновременное применение ФМРТ-ЭЭГ нейробиоуправления (в постинсультной моторной реабилитации)
- Видео – ЭЭГ-полисомнография

# Рутинная ЭЭГ

используется в следующих клинических ситуациях:

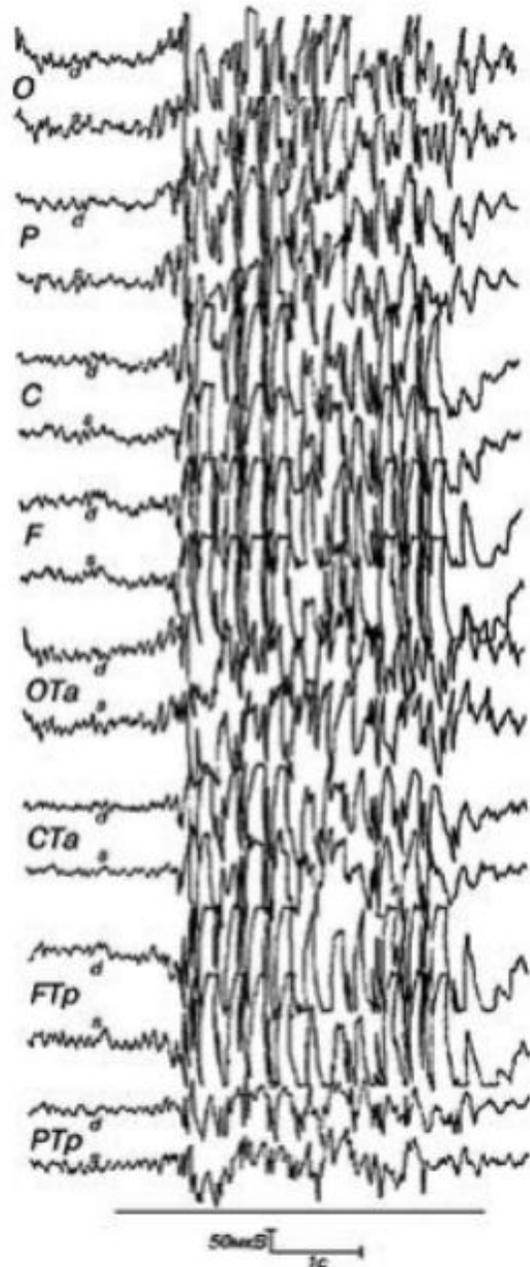
- для того, чтобы отличить эпилептический припадок от других видов приступов, например, от психогенных приступов неэпилептического характера, синкопальных состояний (обмороков), двигательных расстройств и вариантов мигрени;
- для описания характера приступов с целью подбора лечения;
- для локализации участка мозга, в котором зарождается приступ, для осуществления хирургического вмешательства;
- для мониторинга бессудорожных приступов/бессудорожного варианта эпилепсии;
- при отставании ребенка в речевом развитии: нарушении произношения из-за функционального сбоя ЦНС (дизартрия), расстройствах, утрате речевой деятельности вследствие органического поражения определенных зон головного мозга, отвечающих за речь (афазии), заикании, тиках, энурезе, гиперактивности
- для дифференциации энцефалопатии органического характера или делирия (острого психического расстройства с элементами возбуждения) от первичных психических заболеваний, например кататонии;
- для мониторинга глубины анестезии;
- в качестве непрямого индикатора перфузии головного мозга в ходе каротидной эндартерэктомии (удаление внутренней стенки сонной артерии);
- как дополнительное исследование с целью подтверждения смерти мозга;
- в некоторых случаях с прогностической целью у пациентов в коме.

# Функциональные пробы

- Проба с открыванием и закрыванием глаз
- Ритмическая фотостимуляция
- Гипервентиляция

+ ВП:

- Фоностимуляция
- Депривация сна
- P300
- Фармакологические пробы



ЭЭГ во время миоклонического приступа, спровоцированного мелькающим светом частотой 20 Гц, при юношеской миоклонической эпилепсии. Эпилептический разряд начинается серией нарастающих по амплитуде генерализованных острых волн и переходит в генерализованные билатерально-синхронные и асинхронные серии нерегулярных комплексов спайк-медленная волна, полиспайк-медленная волна, множественных острых волн и спайков амплитудой до 300 мкВ. Горизонтальная линия внизу - время световой стимуляции.

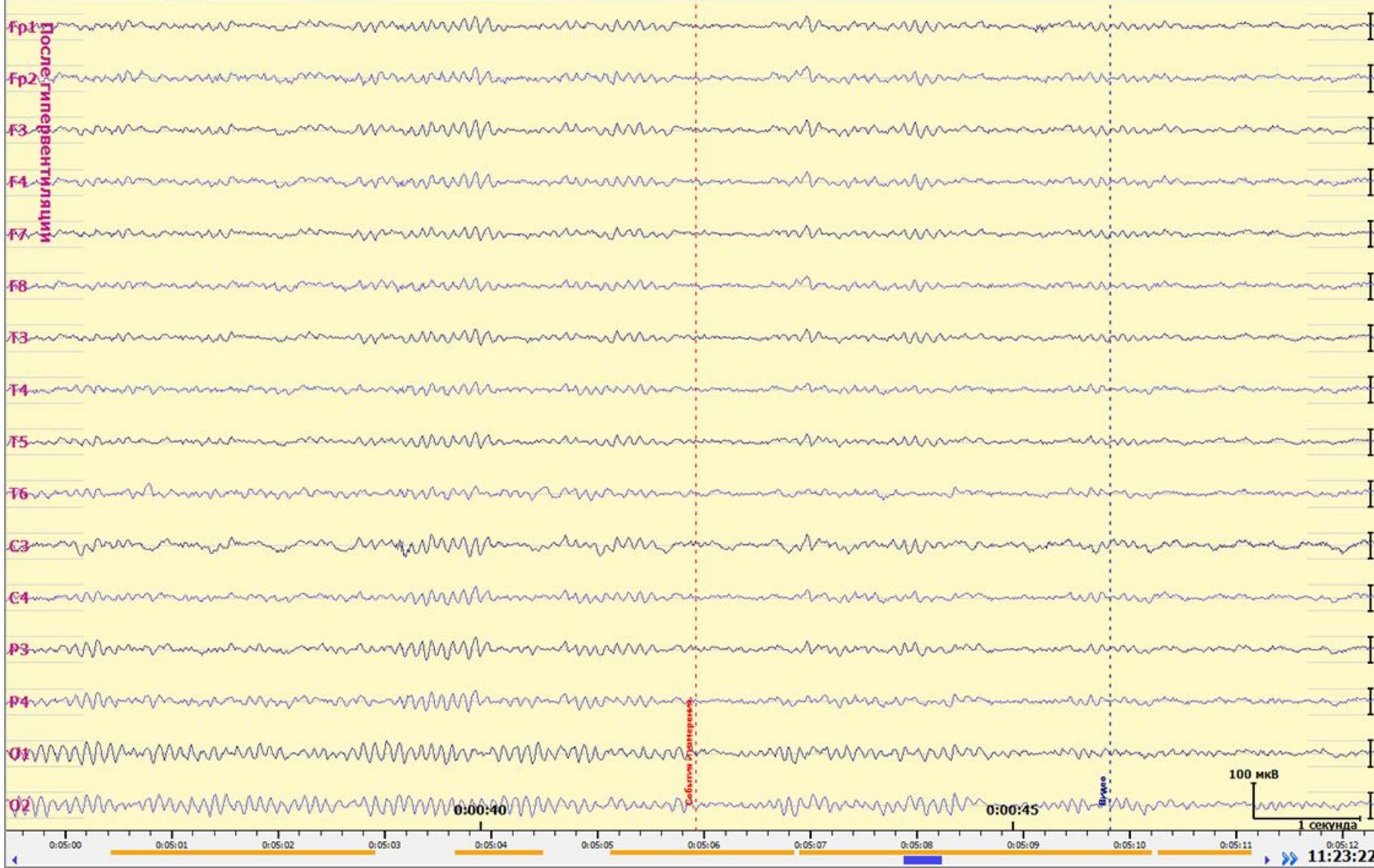
# Ночной мониторинг сна



# Видео – ЭЭГ - полисомнография



Развертка: 30 мм/сек ЭЭГ (I): 10 мкВ/мм Размещение: Монопольная



После гипервентиляции ицици

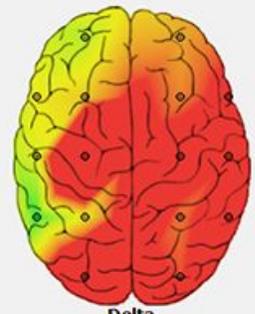
Событие: гипервентиляция

Вдыхание

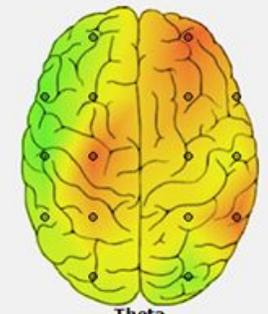
100 мкВ  
1 секунда

Участок сигнала (05:05 - 05:06)

5 мкВ 1 секунда



Delta

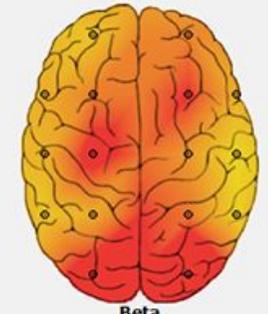


Theta



Alpha

0 мкВ

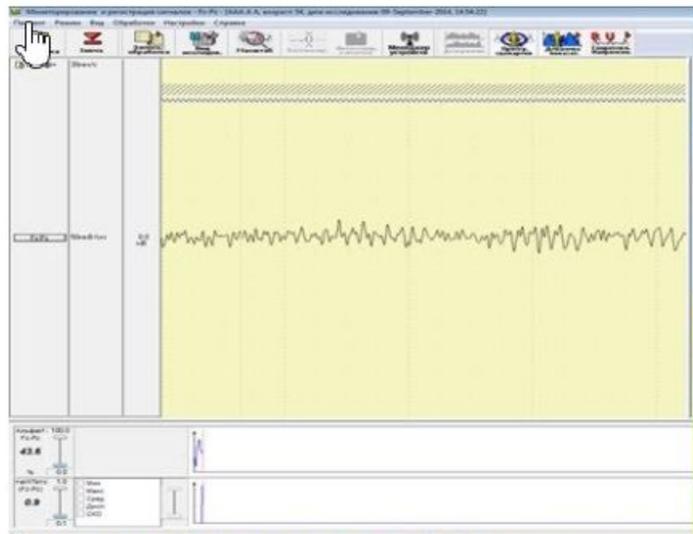


Beta

5 мкВ

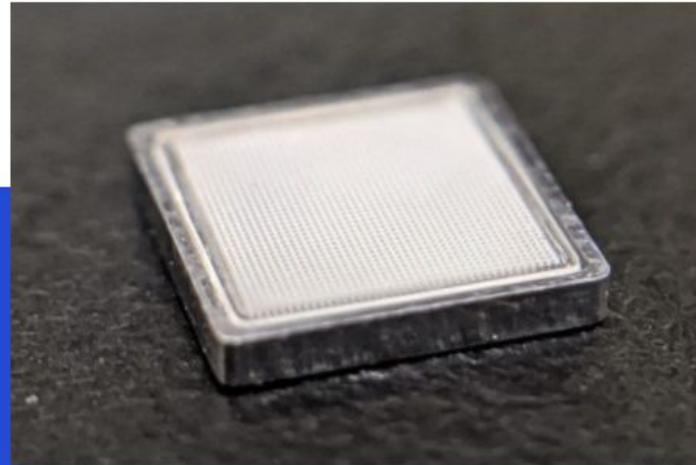
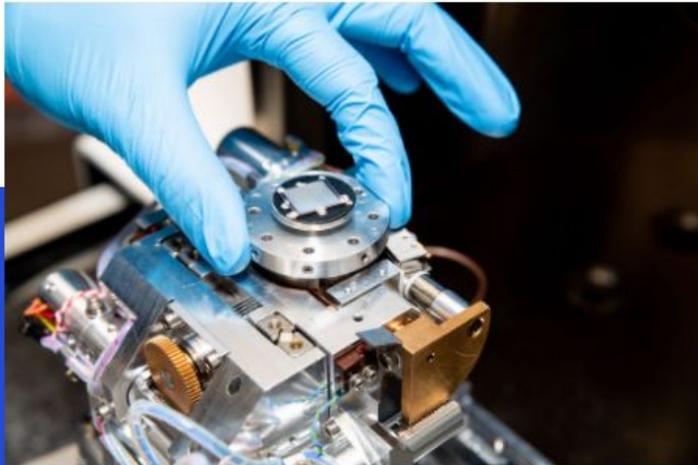


# БОС-ТЕРАПИЯ



## Brain-computer interface technology will open up new opportunities.

In order to enable new, effective therapies for brain-related disorders, we need to build technologies that can communicate effectively with the brain. This means developing a specialized data interface that will translate between bioelectric and digital signals.



# A New Era for Neuroscience

Unlocking a new world of potential by developing a platform  
for quantifying and understanding the human brain.

[DISCOVER OUR PRODUCTS](#)[JOIN THE TEAM](#)

# Flux

Kernel Flux is a turnkey magnetoencephalography (MEG) platform for creating live high-speed images of the brain activity underlying emotion, attention, memory, and learning. After testing at world-class academic sites, Flux will be available to institutions that might otherwise pursue existing MEG systems.

[SIGN UP FOR NEWSLETTER](#)[FLUX VIDEO](#)

## Транскраниальная магнитная стимуляция с электроэнцефалографией: методология, экспериментальные и клинические возможности

М.А. Назарова<sup>1</sup>, Е.Д. Благовещенский<sup>1</sup>, В.В. Никулин<sup>1,2</sup>, М.В. Митина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Центр нейрoэкономики и когнитивных исследований Национального исследовательского университета  
«Высшая школа экономики»; Россия, 101000 Москва, Кривоколенный переулок, За, корп. 1;

<sup>2</sup>Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences; Германия, Лейпциг

**Контакты:** Мария Александровна Назарова chantante@gmail.com

Комбинированное использование транскраниальной магнитной стимуляции и электроэнцефалографии (ТМС-ЭЭГ) является современным высокоинформативным экспериментальным подходом, который находит применение как в фундаментальных, так и в клинических и трансляционных исследованиях. Уникальные возможности ТМС-ЭЭГ позволяют оценивать функциональное состояние и связность областей мозга, а также открывают новые перспективы оценки эффектов ТМС неподвижных областей коры. Маркеры ТМС-ЭЭГ обладают диагностическим и прогностическим потенциалом в отношении многих неврологических и психических болезней. Регистрация ЭЭГ одновременно с ТМС остается технически сложной процедурой и требует наличия как специального оборудования, так и применения сложных методов анализа данных. В настоящем обзоре описаны технические особенности ТМС-ЭЭГ, принцип построения дизайна исследований, вид и стабильность ТМС вызванного ответа на ЭЭГ, а также область применения метода ТМС-ЭЭГ.

**Ключевые слова:** транскраниальная магнитная стимуляция с электроэнцефалографией, функциональное состояние, связность между областями мозга, неподвижные области коры, вызванный моторный ответ

DOI: 10.17650/2222-8721-2017-7-4-20-32

Transcranial magnetic stimulation with electroencephalography: methodology, applications for research and cilinics

M.A. Nazarova<sup>1</sup>, E.D. Blagoveshenskiy<sup>1</sup>, V.V. Nikulin<sup>1,2</sup>, M.V. Mitina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre for Cognition and Decision Making of the National Research University "Higher School of Economics";

# TMS + ЭЭГ

