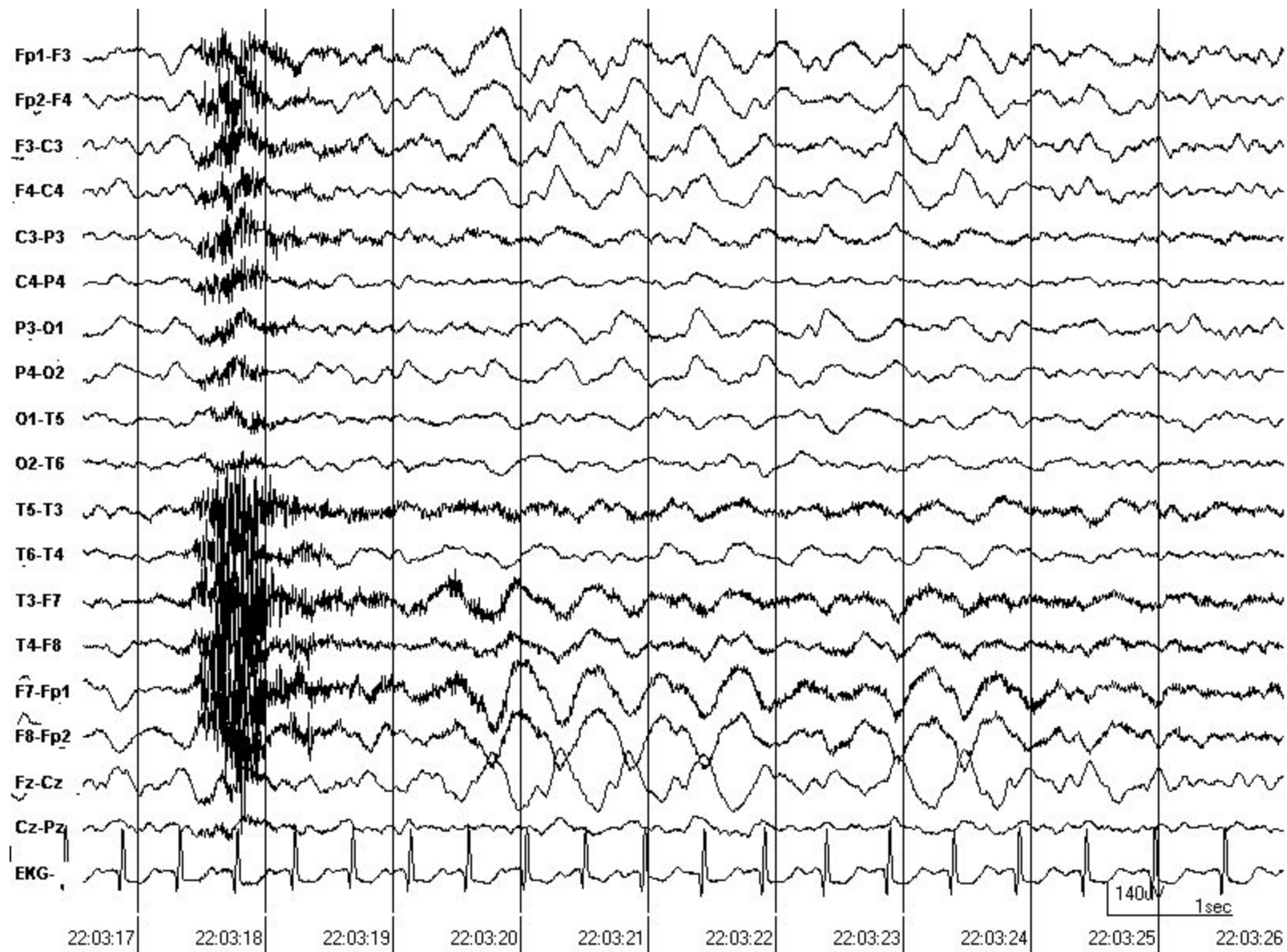


# Частотно-временной анализ нейрофизиологических данных в исследованиях психических феноменов

Лекция 4. Методы анализа сигналов  
головного мозга

При записи ЭЭГ/МЭГ регистрируется суммарная электрическая/магнитная активность мозга.

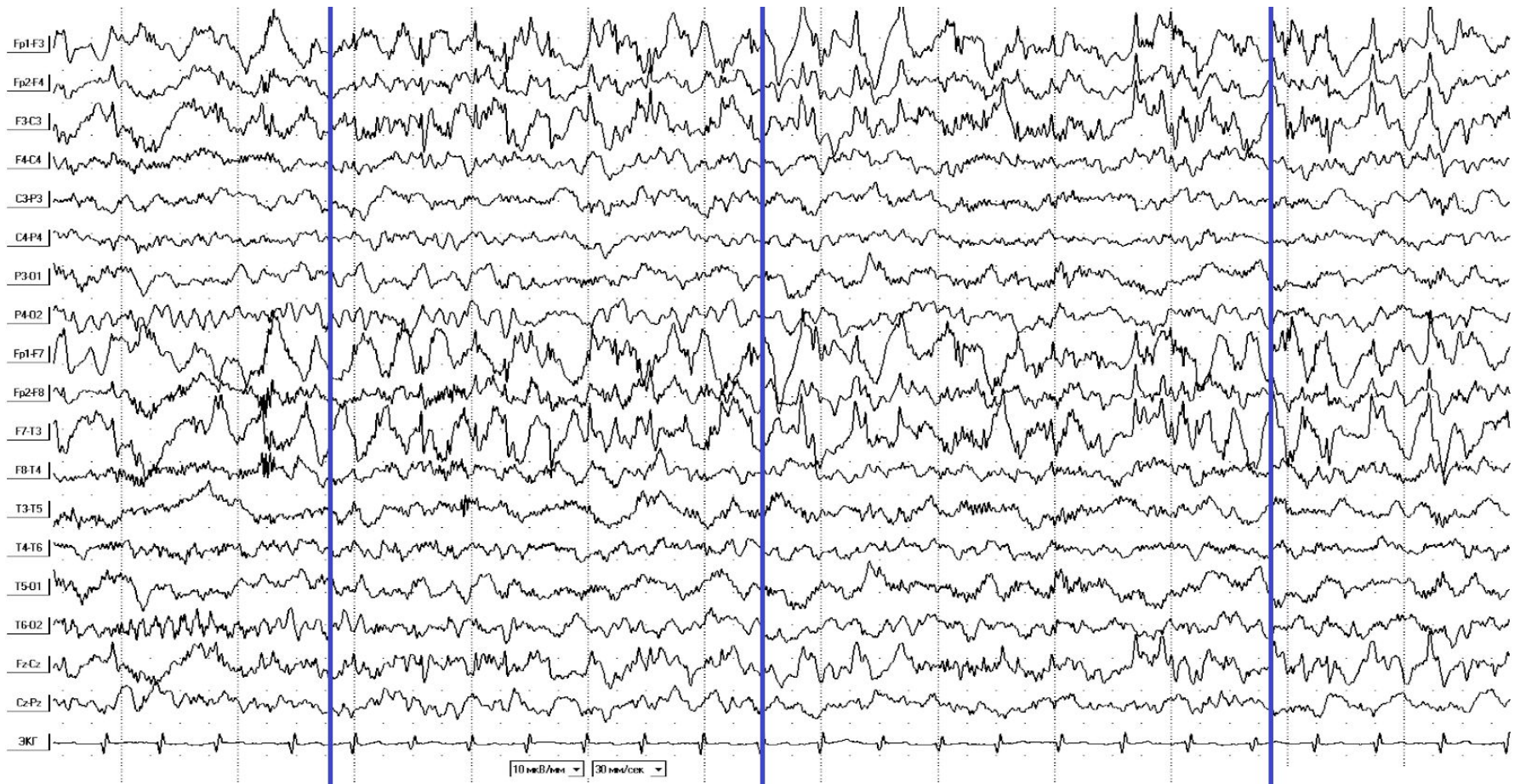
Помимо активности, связанной с выполняемой задачей («полезный сигнал»), в записи присутствует «посторонняя» активность, которая вызвана процессами, не связанными с выполнением задачи. И, наконец, в записи присутствуют посторонние шумы (мышечная активность, наводка от электрической сети, отбойный молоток через дорогу).

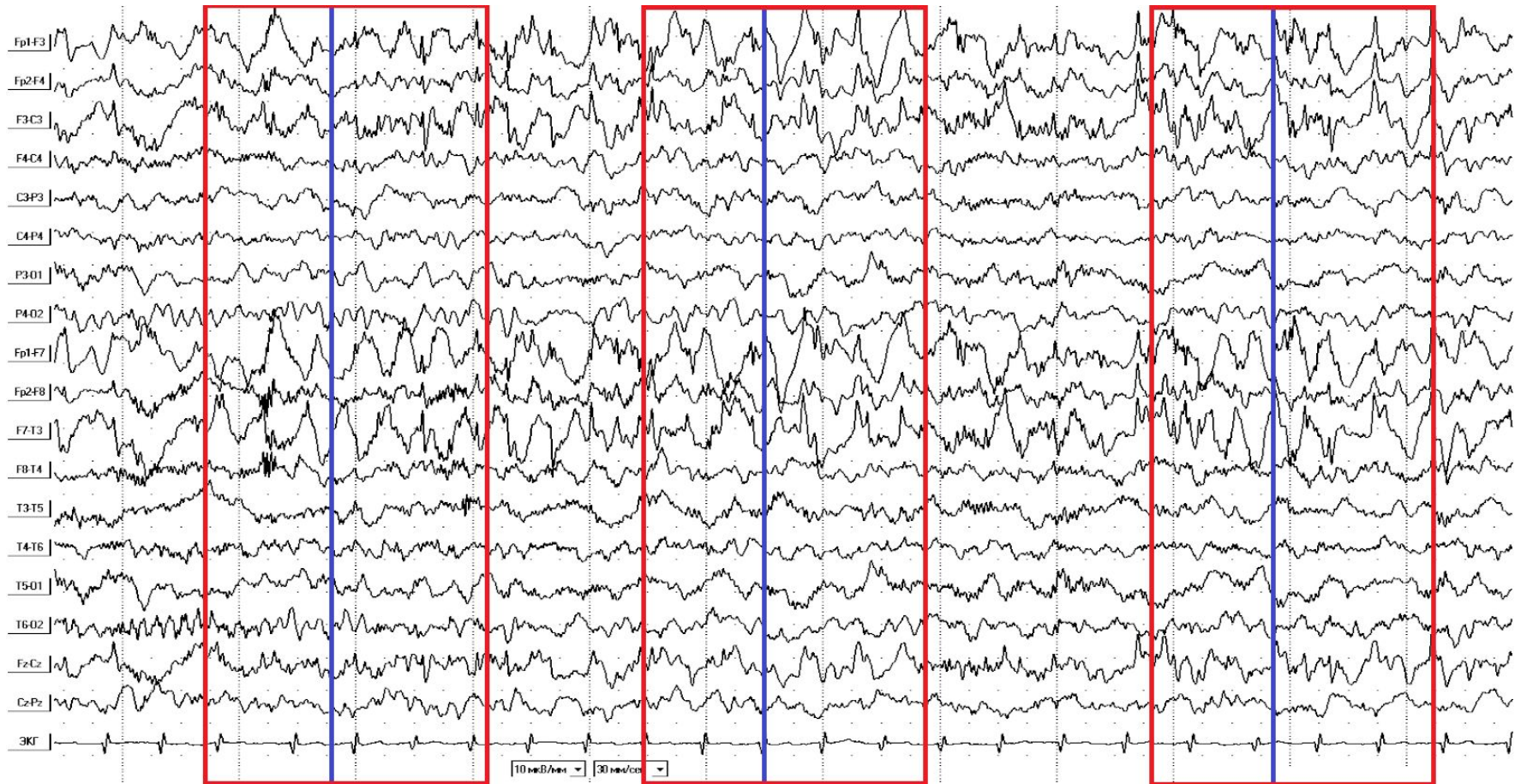


Между полезным сигналом и шумом есть существенное различие: ответ мозга на стимуляцию синхронизирован с событием (напр., предъявление стимула), а шум – нет.

Таким образом, полезный сигнал можно вычлениить из записи суммарной активности путем усреднения относительно меток события. После усреднения  $N$  эпох соотношение сигнал/шум увеличивается в  $\sqrt{N}$  раз

Такой метод анализа называется ВП (вызванные потенциалы/поля)





В зависимости от природы раздражителя регистрируют **зрительные, слуховые, соматосенсорные, обонятельные и вкусовые** ВП.

Запись ВП производится при помощи электроэнцефалографических электродов, расположенных на поверхности головы.



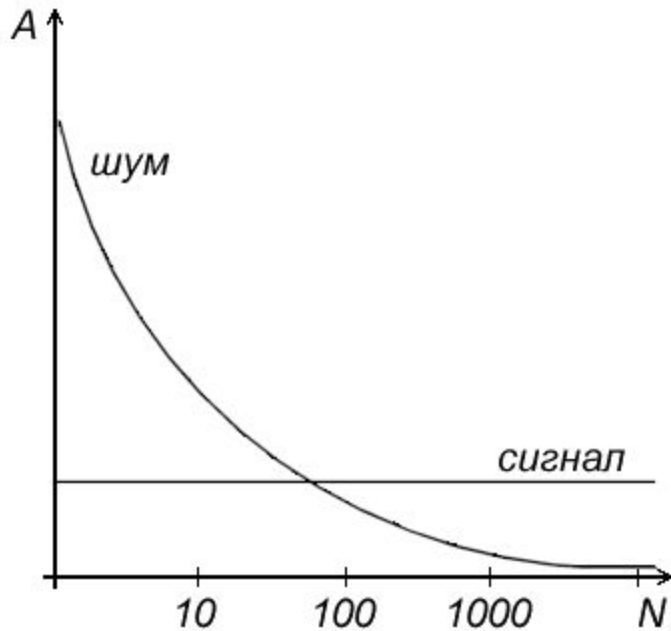


Метод ВП особенно эффективен в тех случаях, когда контакт с пациентом затруднен, например, при обследовании маленьких детей, при исследовании больных с нарушениями сознания. Этот метод применяют при исследовании деятельности мозга животных.





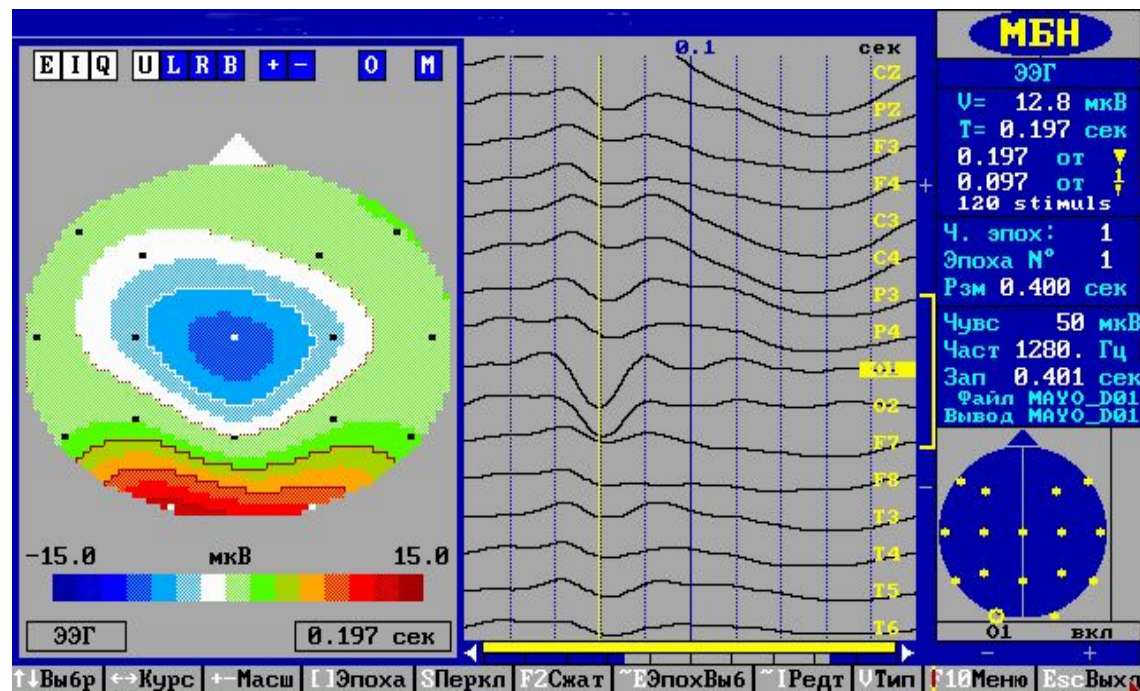
Для того чтобы выделить вызванный сигнал из шума (ЭЭГ и артефакты), обычно используют *методику синхронного усреднения*.



Отрезки ЭЭГ, следующие за подачей каждого стимула, суммируются по амплитуде. В результате колебания ВП, связанные со стимулом, накапливаются синфазно и дают прирост амплитуды. Колебания спонтанной ритмики при суммации попадают друг относительно друга в случайную фазу и увеличиваются по амплитуде значительно медленнее. Затем сумма амплитуд ответов делится на число суммаций.

**Изменение амплитуды сигнала ВП и шума** при использовании методики синхронного усреднения (по Гнездицкому, 1997).

Для выделения зрительного ВП (ЗВП) используют различные условия стимуляции, например, вспышку света, шахматный паттерн и др. Обычно число усреднений, необходимых для выделения компонентов ЗВП не превышает 100.



Пример топографического картирования зрительного вызванного потенциала.

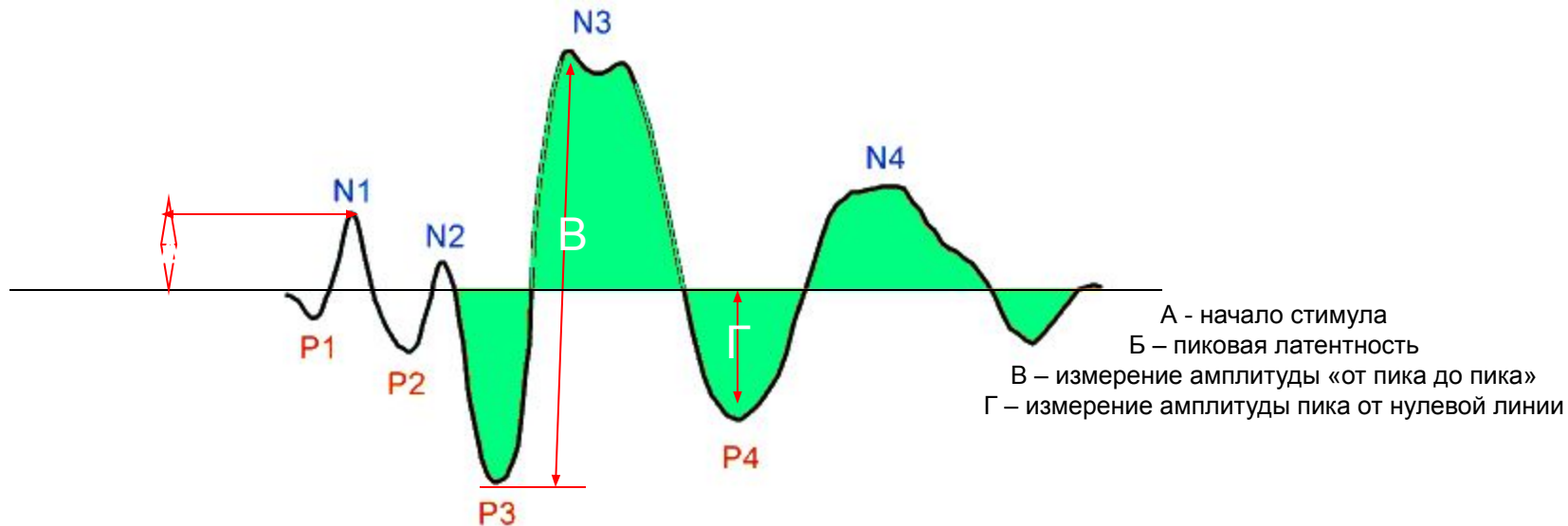
После усреднения приступают к анализу компонентов ВП.

*Пиковая латентность* (мс) – время от момента подачи стимула до максимума компонента, *амплитуда* (мкВ) – определяется либо от нулевой линии, либо от максимума предыдущего компонента («от пика до пика»).

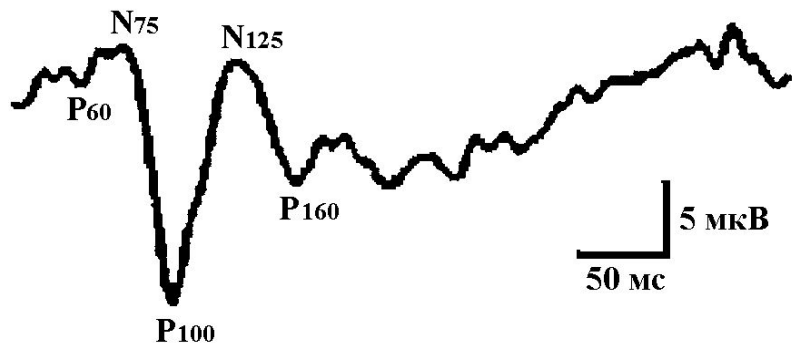
Компоненты усредненного ВП часто принято обозначать по полярности: отклонение потенциала вверх от нулевой линии обозначается как негативный пик (N), вниз как позитивный (P).

Применяются разные способы обозначения компонентов ВП:

1. Латинскими буквами с индексами, которые обозначают среднюю латентность компонентов в миллисекундах: N75, P100, N125, P160 и т.д.
2. Латинскими буквами с номерами в виде индексов: N1, P1, N2, P2 и т.д.
3. Римскими цифрами в порядке возникновения: I, II, III, IV и т.д.



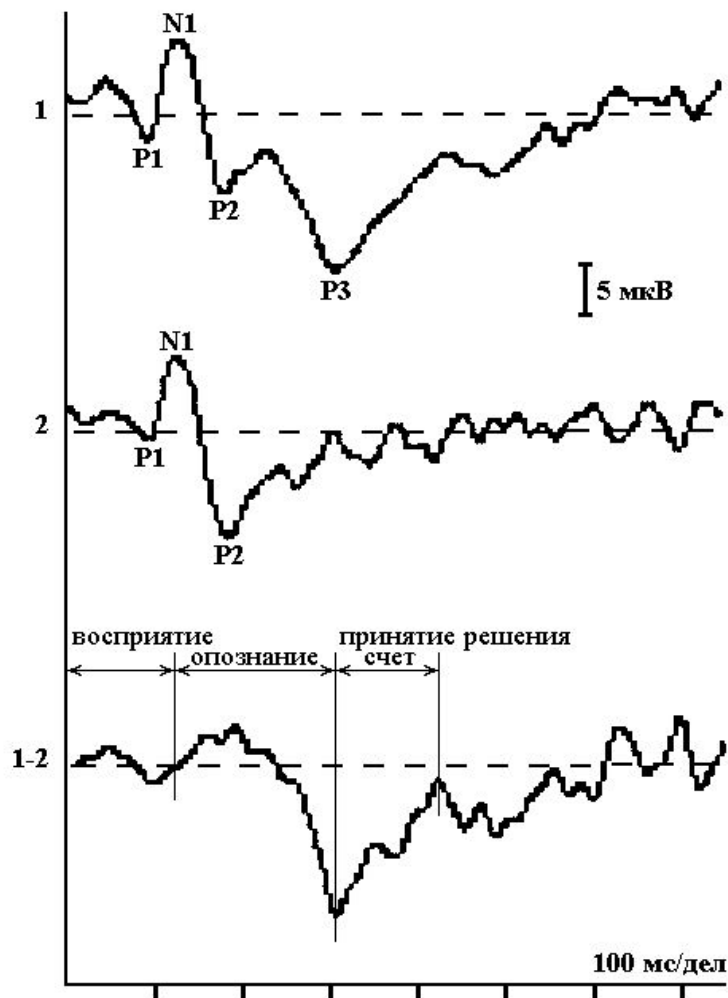
По времени возникновения компоненты ВП разделяют на *ранние* и *поздние*. В ЗВП ранними считают компоненты до 100 мс, а поздними - с латентностью свыше 100 мс



**Пример ЗВП на вспышку при бинокулярной стимуляции. P60, N75, P100, N125, P160 – компоненты ЗВП.**

Ранние компоненты зависят от физических параметров стимула; поздние отражают процессы переработки информации в мозге

Один из важнейших эндогенных ВП - волна Р300 (когнитивный ВП).



**ВП на зрительные стимулы (выделение когнитивной составляющей ответа).**

**1** – ответ в условиях опознания «значимого» стимула: волна P1-N1-P2 – собственно ответ на стимул; P3 – когнитивный компонент P300.

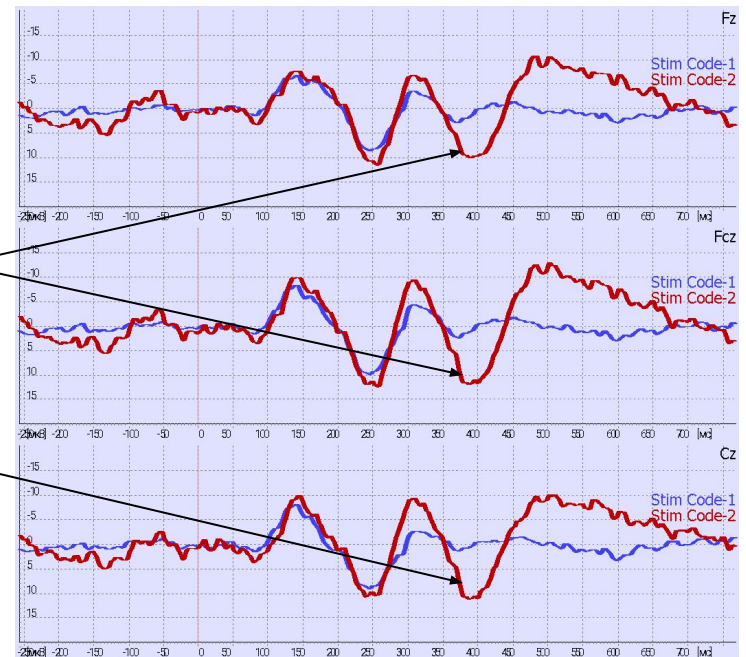
**2** – ответ на тот же стимул без его опознания: волна P1-N1-P2.

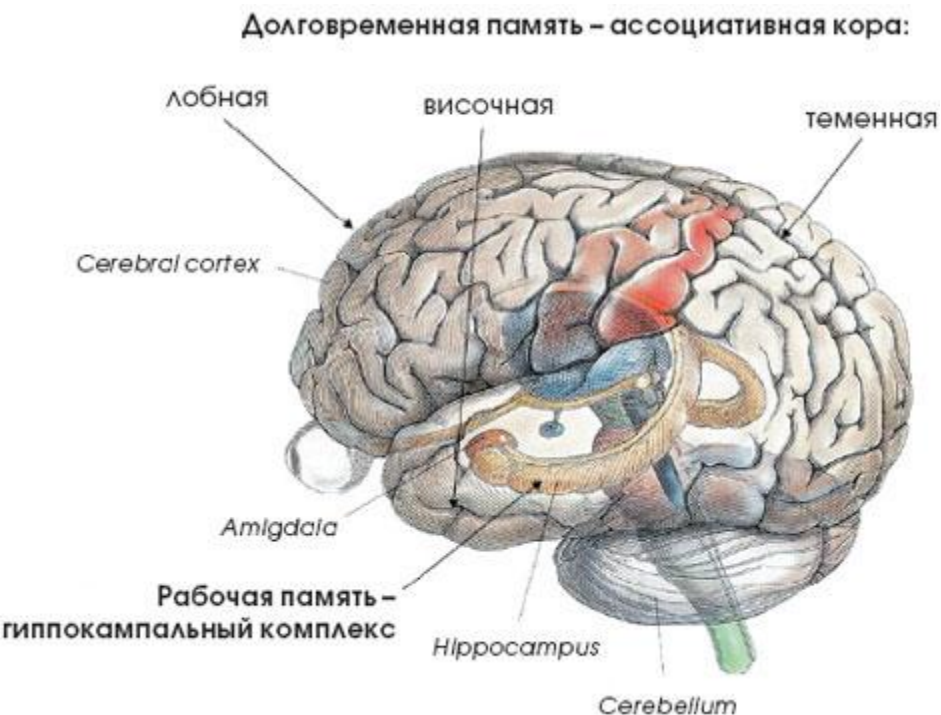
**1-2** – разность между ответом в условиях распознавания стимула и ответом на этот же стимул в стандартных условиях без распознавания.

Как показано на рисунке, разность ответов на стимул в обычной серии и в серии с условием распознавания стимулов (разность 1-2) представляет собой волну, связанную с эндогенными событиями, происходящими в мозге при опознании «значимых» стимулов, их удержании в памяти (запоминании), счете, принятии решения, т.е. с событиями, связанными с когнитивными функциями мозга.

Общепринятой является гипотеза Е.Дончина (Donchin, Coles, 1988), согласно которой Р300 отражает процесс обновления контекста, т.е. переформирования прогноза, модели окружающей среды. Существуют также теории, связывающие Р300 с ожиданием, памятью и другими явлениями.

Слуховые вызванные потенциалы (СВП). Синим цветом показаны СВП на частый стимул. Красным – на редкий. Волна Р300 в лобных и центральных отведениях





До настоящего времени нет однозначных данных о том, какие структуры мозга участвуют в генезе Р300. С одной стороны, потенциалы большой амплитуды, такие как Р300, должны иметь обширные, синхронные и преимущественно корковые источники (по-видимому, лобные и теменные области коры). В то же время, запись с помощью микроэлектродов, погруженных в кору, и применение магнитоэнцефалографического метода позволили выявить дополнительный источник генерации Р300 в гиппокампе – структуре, тесно связанной с памятью. Кроме того, к структурам, связанным с генерацией Р300, следует отнести таламус.

**Методика «одд-болл» (парадигма необычного стимула)**, используется для изучения селективного внимания.

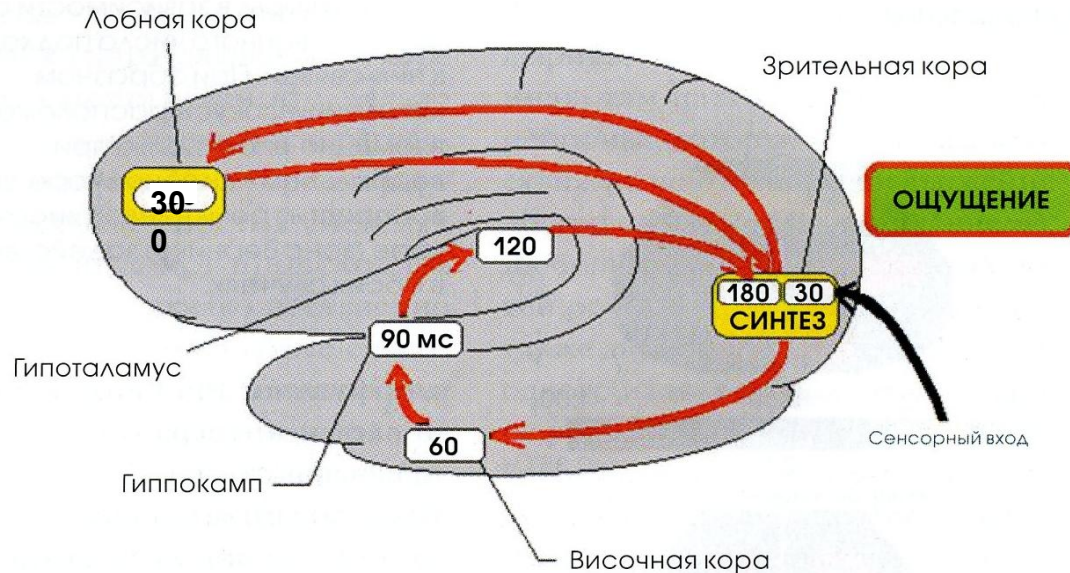
Объекту исследования в случайном порядке предъявляют последовательность из двух стимулов, различающихся по какому-либо параметру (например, по высоте звукового тона), причем вероятность появления одного стимула существенно ниже, чем другого.

... **S2, S2, S2** посл. перед целевым стимулом, **S1, S2, S2, S2, S2** посл, **S1, S2, ...**

Согласно предположению С.Саттона, предъявление редкого стимула нарушает ожидание, складывающееся после нескольких повторений частого стимула. Согласно теории Е.

Н.Соколова появление редкого стимула ведет к рассогласованию с существующей нервной моделью, что приводит к возникновению ориентировочной реакции.





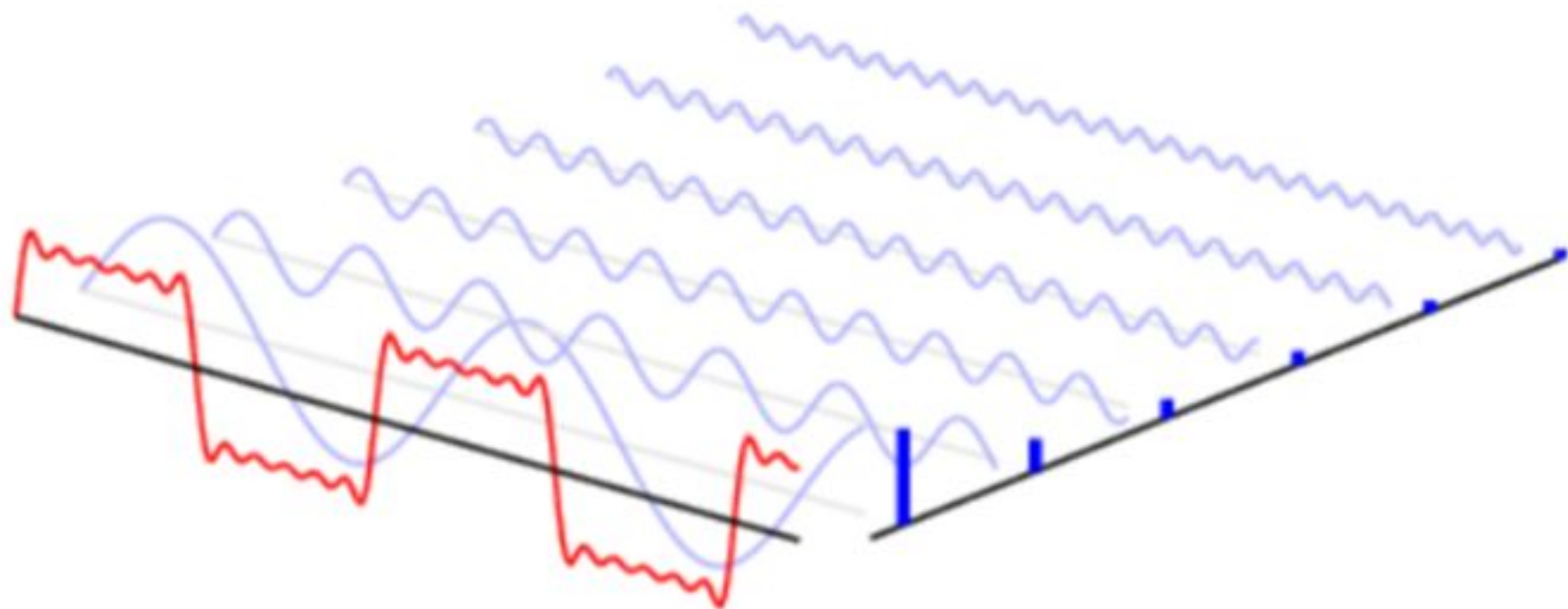
Приблизительная схема распространения зрительной информации в мозге (А.М. Иваницкий с изменениями)

При реализации одд-болла P300 стабильно возникает в ответ на редкий стимул. Хотя сначала анализ стимула по его физическим характеристикам происходит в соответствующих проекционных зонах, далее происходит передача возбуждения в подкорковые центры мотиваций и эмоций, откуда возбуждение вновь направляется к коре. Таким образом, создаются условия для синтеза всей информации о стимуле, включая как его физические характеристики, так и его эмоционально-мотивационную значимость. Согласно гипотезе А.М.Иваницкого, именно этот процесс проявляется в ЭЭГ в виде генерации волны P300.

# Частотно-временной анализ данных ЭЭГ/МЭГ

С одной стороны, можно анализировать активность, непосредственно связанную с некоторым событием. С другой стороны, можно измерить изменения частотного состава сигнала в ответ на событие (например, снижение альфа-ритма).

Для того, чтобы это сделать, необходимо разложить полный сигнал на колебания различных частот (преобразование Фурье), после чего усреднить полученные данные по эпохам отдельно по каждой частоте



## Основные ритмы в ЭЭГ:

Дельта-ритм (1-4 Гц)

Тета-ритм (4-8 Гц)

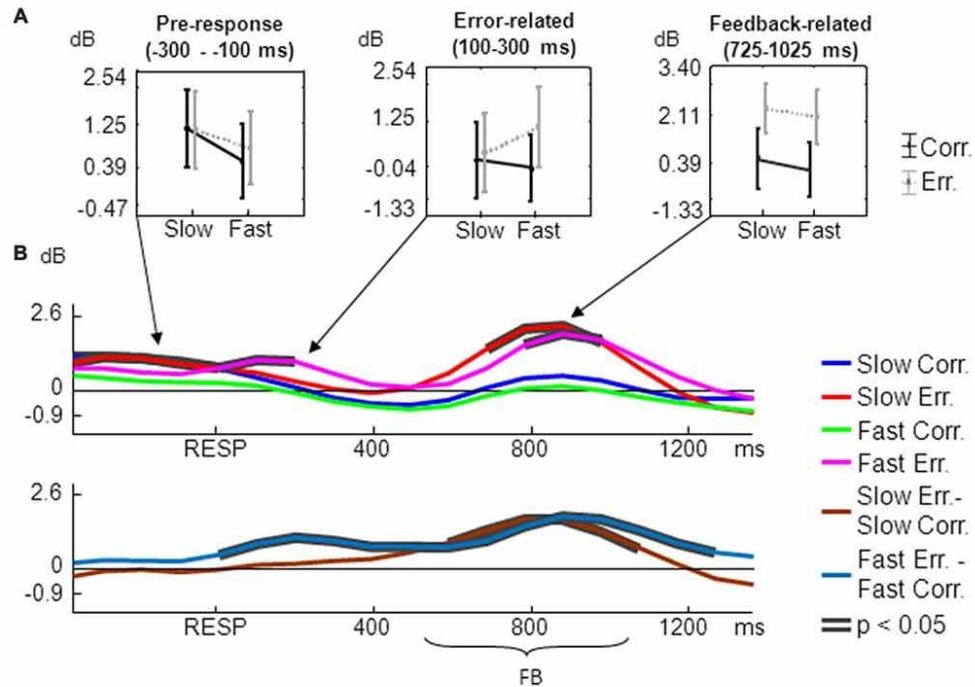
Альфа (8-13 Гц)

Бета (13-30 Гц)

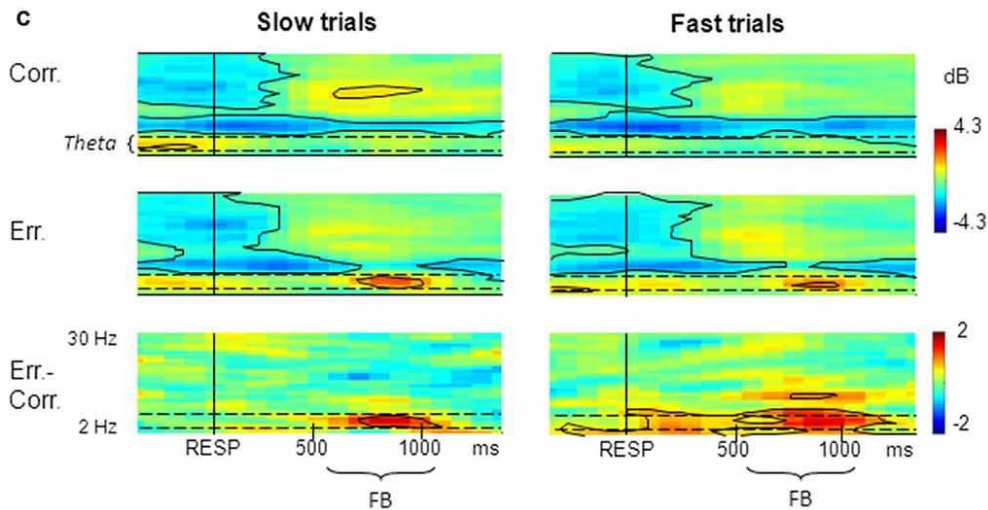
Гамма (30+ Гц)

Как правило, при частотно-временном анализе рассматриваются не отдельные частоты, а отдельные ритмы

Mid-frontal ROI 1 (Fz, Fcz, Cz) : Theta oscillations



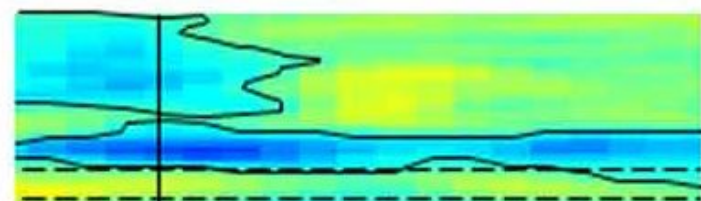
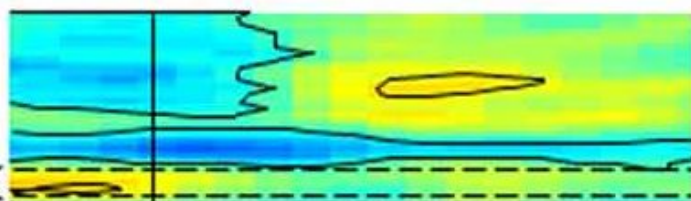
Данные частотно-временного анализа визуально представляются в виде цветного графика. Ось X – время Ось Y – частота Мощность соответствующей частоты закодирована цветом (от синего к красному)



**c****Slow trials****Fast trials**

Corr.

Theta {

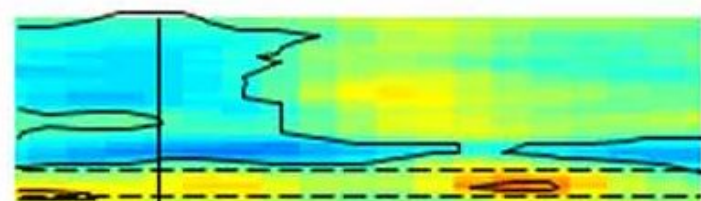
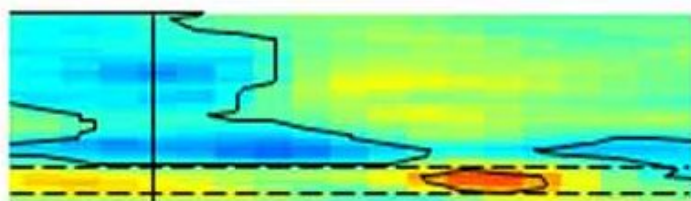


dB

4.3

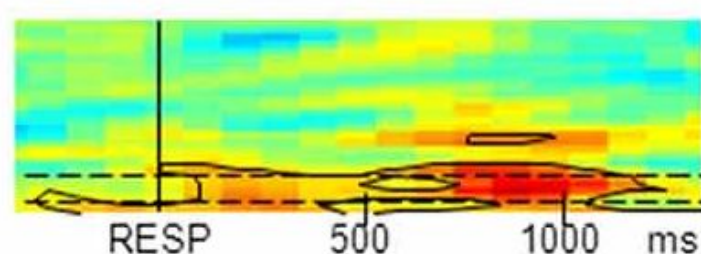
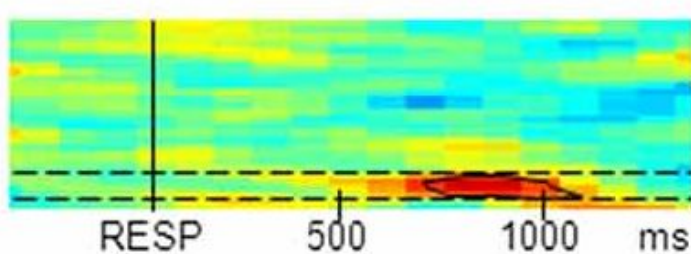


Err.

Err.-  
Corr.

30 Hz

2 Hz



2

-2

RESP 500 1000 ms

FB

RESP 500 1000 ms

FB