

# **Анализ десинхронизации ритмической активности**

## **Введение**

Явление перестройки ритмической активности мозга в ответ на внешние события известно очень давно. В частности, изменение амплитуды альфа-ритма при открывании и закрывании глаз было описано ещё Гансом Бергером, основоположником метода электроэнцефалографии. В связи с тем, что усиление ритмической активности означает вовлечение большего количества нейронов в совместную синхронную деятельность, увеличение амплитуды ритма называют его синхронизацией. Уменьшение же амплитуды означает рассогласование синхронной деятельности нейронных ансамблей, т.е. наступает десинхронизация ритма.

Долгое время это явление использовалось исключительно для оценки реактивности и лабильности мозга в клинике в виде функциональных проб открывания и закрывания глаз, а также реакции усвоения ритма при ритмической фотостимуляции. В фундаментальной нейрофизиологии основным методом исследования ответов мозга на поступление сенсорной информации различной модальности служил метод вызванных потенциалов (ВП) - синхронного усреднения электроэнцефалограммы (ЭЭГ), позволяющего подавить некоррелированные с подачей стимула биопотенциалы мозга, а также помехи немозгового происхождения, например, инструментальный шум.

Лишь в 80-90-х годах прошлого столетия австрийский ученый Пфуртшеллер начал систематически изучать феномен изменения ритмов при сенсорной стимуляции. В своих работах он показал, что уменьшение или увеличение того или иного ритма в ответ на внешние стимулы, при планировании и осуществлении моторных задач, а также при выполнении различных ментальных задач связано с другими механизмами обработки информации и предоставляет ученым дополнительную информацию, комплиментарную к данным, получаемым на основе ВП (Pfurtscheller & Lopes da Silva, 1999). Процесс изменения ритмов более медленный, чем ВП. Временной промежуток между стимулами должен быть достаточным длительным, чтобы ритм вернулся на фоновой уровень. Поэтому Пфуртшеллер рекомендует подавать стимулы через 8-10 секунд.

Так как изменение амплитуды ритмов в таких экспериментах связано с подачей внешних стимулов или генерацией внутренних команд, то уменьшение ритма называется десинхронизацией, связанной с событием (ERD - event related desynchronization), а увеличение амплитуды ритма – синхронизацией, связанной с событием (ERS - event related synchronization). В дальнейшем изложении будут использованы англоязычные аббревиатуры ERD\ERS.

Вначале при использовании технологии ERD\ERS внимание ученых было направлено на исследование классических ЭЭГ ритмов – альфа, бета, мю и гамма-ритмов. Однако, количество комбинаций ритмов, отведений и типов стимулов может быть значительно. Поэтому Пфуртшеллером для облегчения анализа перестройки ритмов был предложен метод ERD\ERS карт, на которых по оси абсцисс отложено время, по оси ординат – частота, а различными цветами показывается усиление или ослабление мощности ритмов (Pfurtscheller, 2005). Одновременный показ карт для всех электродов позволяет более быстро и точно оценить топик перестройки ритмов.

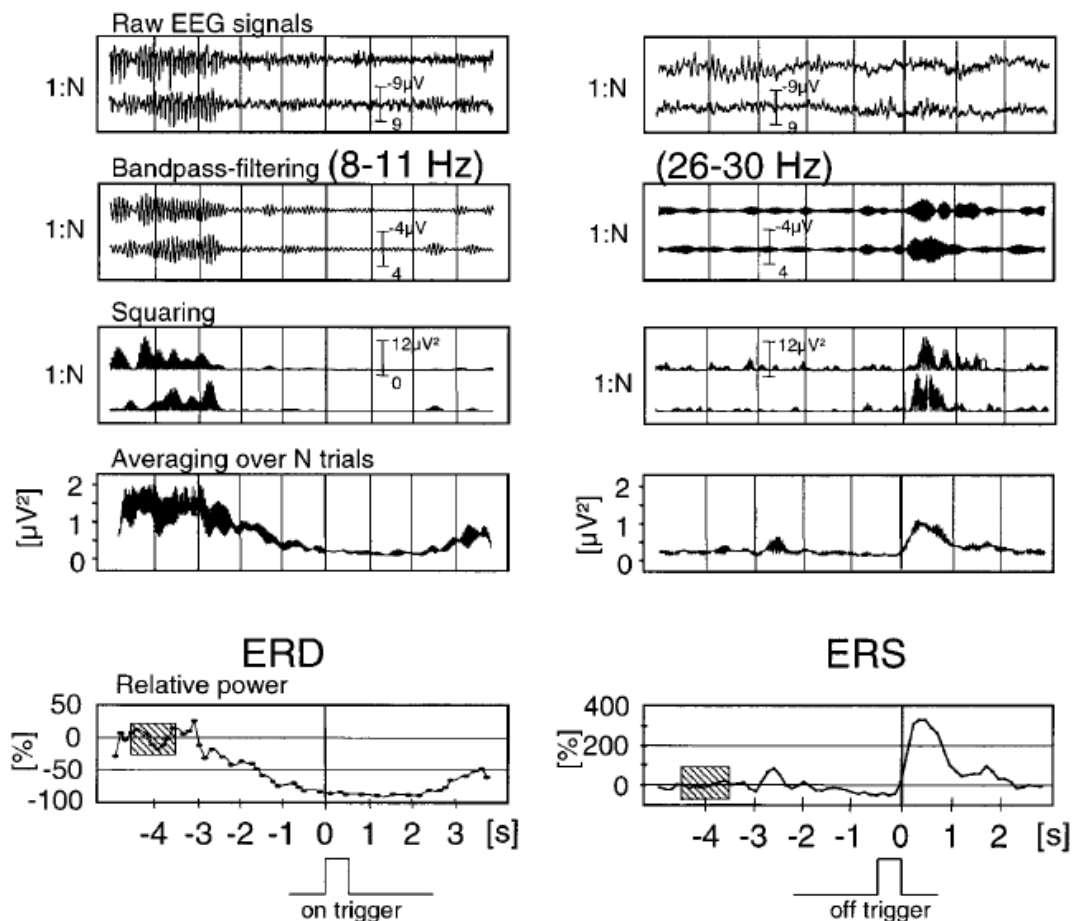
Как правило, в норме для медленных ритмов (например, альфа и мю) характерны большие амплитуды, чем для высокочастотных ритмов (бета-1, бета-2 и гамма). Таким образом, в

генерации высокочастотных ритмов задействовано меньшее количество нейронов. На основании этого факта и также других данных, в частности полученных в исследованиях на животных, многие исследователи делают вывод, что именно высокочастотные ритмы связаны с «тонкой» обработкой сенсорной информации. Однако выделить гамма-ритм с амплитудой 1-2 мкВ методом ВП крайне сложно. Количество усреднений должно быть несколько сотен, а за это время состояние испытуемого значительно меняется.

Поэтому интересно отметить следующее достоинство метода ERD\ERS по сравнению с методом ВП при исследовании высокочастотных и низкоамплитудных ритмов типа бета-2 и гамма. Так как изменение мощности ритма в ERD оценивается по отношению к его же мощности в предстимульном интервале времени в относительных единицах (как правило, в процентах.), то эти изменения видны при меньшем количестве усреднений. Использование же относительных единиц позволяет количественно сравнивать перестройку различных ритмов относительно друг друга.

### Алгоритм расчета ERD\ERS

На рисунке ниже отображена последовательность математических операций при расчете ERD\ERS (взято из статьи Pfurtscheller & Lopes da Silva, 1999):

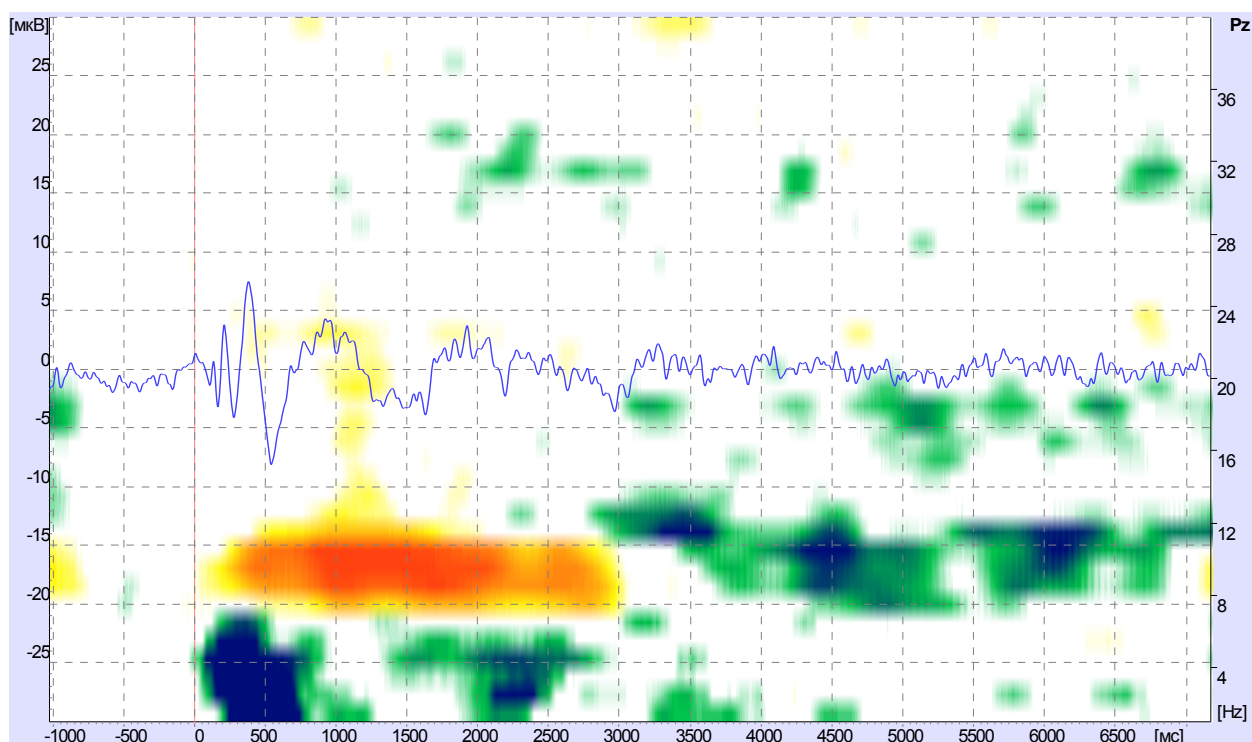


Эти экспериментальные данные приведены для опыта по произвольному нажатию испытуемым кнопки. ERD были рассчитаны для диапазона 8-11 Гц синхронно по нажатию на кнопку (событие on trigger), ERS рассчитаны для диапазона 26-30 Гц синхронно по отпусканию кнопки (событие off trigger). На представленных рисунках N означает количество эпох. На левой части видно уменьшение ритмики для диапазона 8-11 Гц за 3 секунды до самого нажатия, на правой части видно усиление ритмики на частотах 26-30 Гц непосредственно после отжатия кнопки.

В обоих случаях последовательность операций одинакова (сверху вниз по рисунку):

- 1) Вначале производится сбор данных для N предъявлений стимула;
- 2) Сигналы фильтруются в заданной полосе для всех N эпох анализа;
- 3) Отфильтрованные сигналы возводятся в квадрат для расчета энергии для каждого отсчета каждой эпохи;
- 4) Полученные квадраты амплитуд суммируются для всех эпох;
- 5) Производится сглаживание по времени результирующей кривой и её пересчет в проценты относительно референтного окна в предстимульном интервале.

Если расчет ERD\ERS повторить последовательно для ряда перекрывающихся частотных полос (например, взять полосы 1-4 Гц, 2-5 Гц, 3-6 Гц и так далее до 36-40 Гц), и полученные величины (де)синхронизации представить в виде различных цветов, то получим ERD\ERS карты:



На этом рисунке отображена ERD\ERS карта, наложенная на сигнал ВП (синяя кривая), для электрода Pz во время экспериментов со зрительными стимулами. В качестве стимулов использовались короткие видео-ролики длительностью 3 сек.

Слева отображена шкала биопотенциалов от -30 до +30 мкВ, справа – частотная шкала от 1 Гц до 40 Гц, по оси абсцисс – время от -1024 мс до 7168 мс. Общая длительность эпохи анализа составляет 8192 мс. Вертикальная красная линия на 0 мс отмечает момент предъявления стимулов. Желто-красными тонами на карте отображена десинхронизация ритма, зелено-синими тонами – синхронизация, т.е. усиление ритмики. В качестве референтного интервала был использован интервал от -800 до 0 мс, поэтому для всех частот в этом интервале характерна белая полоса.

Из этого рисунка видно, что в основном перестройка ритмики происходит в частотной полосе 8-12 Гц, начиная с 200 мс после предъявления стимула. В интервале от 200 до 3000 мс наблюдается десинхронизация, а в интервале от 3000 до 7100 мс наблюдается усиление ритма с максимумами на 3500, 4500, 6000 мс после предъявления стимула. Интересно отметить, что длительность десинхронизации альфа-ритма совпадает с длительностью видео-ролика.

Для низких частот (1-8 Гц) карты ERD\ERS показывают кратковременное усиление этих ритмов в интервале от 0 до 800 мс. Однако, сравнивая карты с сигналом ВП можно предположить, что этот всплеск связан с самим сигналом ВП, для которого характерна полифазная ритмическая структура. Также видно спорадическое усиление бета-1 и гамма активности в постстимульном интервале.

## Расчет ERD\ERS-сигналов

Для расчета ERD\ERS в программе Неокортекс выполните следующие действия:

1. Загрузите анализируемый ЭЭГ сигнал, для которого имеются метки стимулов. В дальнейшем в этой секции будут использованы данные, полученные в эксперименте с предъявлением эмоциогенных видео-роликов длительностью 3 секунды, и поставляемых с базой данных под названием «ERD\ERS на зрительные стимулы», частота опроса составляла 500 Гц.
2. Отметьте все артефактные участки, если они имеются.
3. Расставьте эпохи анализа. Рекомендуется использовать эпохи длительностью не менее 8 секунд, которые гарантируют восстановление ритмов в межстимульном интервале. Предстимульный интервал также должен быть достаточно длительным, чтобы быть репрезентативным для оценки уровня ритма до поступления сенсорной информации. Рекомендуется задавать его не менее 1 секунды.
4. Активируйте функцию подавления глазо-двигательных артефактов.
5. Запустите расчет ВП и ERD\ERS, выбрав пункт меню «Анализ->Расчет ВП и ERD\ERS», либо нажав на клавиатуре комбинацию клавиш Ctrl-E, либо на панели ЭЭГ анализа нажав кнопку с пиктограммой «EP» (от английского EP – evoked potentials).
6. Появится конфигурационный диалог задания параметров расчетов:

Параметры расчета ВП\ERD\ERS

Расчитать

- Индуцированная (не в фазе)
- Вызванная активность (в фазе)
- ERD\ERS (смешанная)

Усреднение

- Все вместе
- Раздельно
- Разбить на группы

Фильтрация

- Нет
- КИХ 2-го порядка (как в SCAN 4.3)
- FFT
- Wavelet

Нижняя частота (Гц)

Верхняя частота (Гц)

ERD\ERS параметры

- Референтный интервал
- Начало (мс)
- Конец (мс)
- Временное сглаживание
- Длина (мс)
- Обнулять первые 20 отсчетов

Единицы измерения

- мкВ
- Мощность
- Проценты

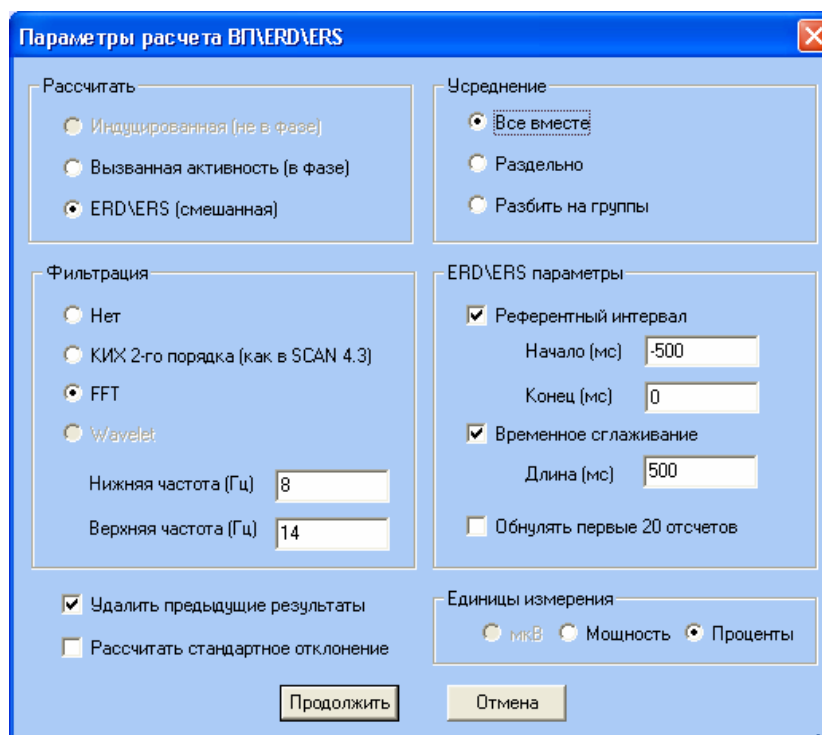
Удалить предыдущие результаты

Рассчитать стандартное отклонение

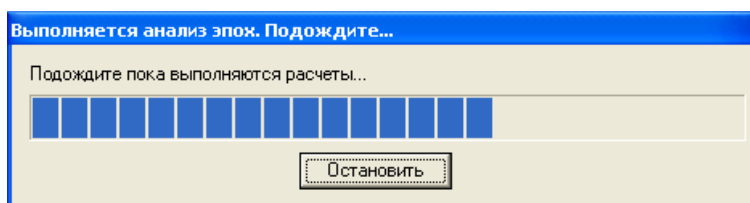
Продолжить Отмена

Выберете в нем опцию расчета «ERD\ERS (смешанная)». Установите флажки «Референтный интервал» и «Временное сглаживание». Задайте референтный интервал от -500 до 0 мс (или любой другой, покрывающий всю или большую часть предстимульного интервала). Длину временного сглаживания задайте 500 мс.

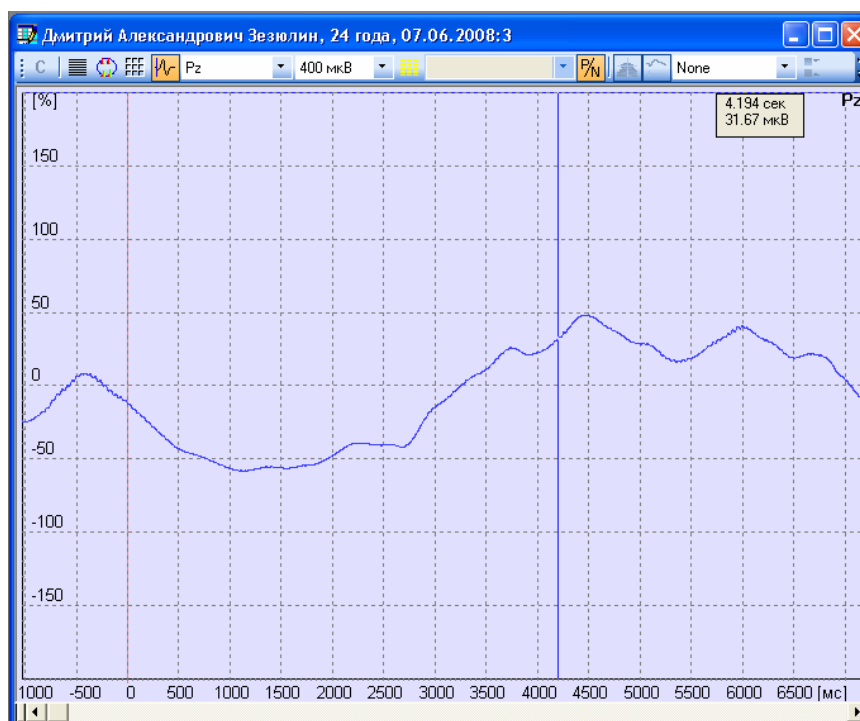
7. Включите фильтрацию. Для этого выберите опцию «КИХ 2-го порядка (как в SCAN 4.3)» или «FFT». Первый из них является фильтром 2-го порядка с конечной импульсной характеристикой. По своей амплитудно-частотной характеристике (АЧХ) он идентичен фильтру из пакета программ SCAN 4.3 и добавлен с целью совместимости расчетов с этим пакетом. Второй фильтр основан на быстром преобразовании Фурье и имеет лучшие переходные характеристики – вертикальные фронты обрезания и нулевой фазовый сдвиг. Рекомендуется использовать именно этот фильтр.
8. После включения фильтрации станут доступны текстовые поля для задания верхней и нижней частоты фильтрации. Задайте эти частоты в соответствии с анализируемым ритмом. Например, для анализа (де)синхронизации альфа-ритма используйте частоты 8 и 14 Гц.
9. Если для анализируемой записи имеется несколько типов стимулов, то с помощью переключателей из группы «Усреднение» можно задать, как эпохи должны быть объединены. Если выбрана опция «Все вместе», то сигналы для всех эпох будут суммированы вместе, независимо от типа стимула. При выборе «Раздельно», программа покажет дополнительный диалог, в котором необходимо отметить все типы стимулов, для которых необходимо выполнить расчет. При выборе «Разбить на группы» программа предоставляет возможность создать до 5 групп, в каждую из которых могут быть включены те или иные индивидуальные типы стимулов. Для начала выберите первую опцию – «Все вместе».
10. Установите флаг «Удалить предыдущие результаты» для очистки от старых результатов. После выполнения описанных выше действий конфигурационный диалог должен выглядеть следующим образом:




11. Нажмите кнопку «Продолжить». Появится диалог, показывающий процесс выполнения расчетов:

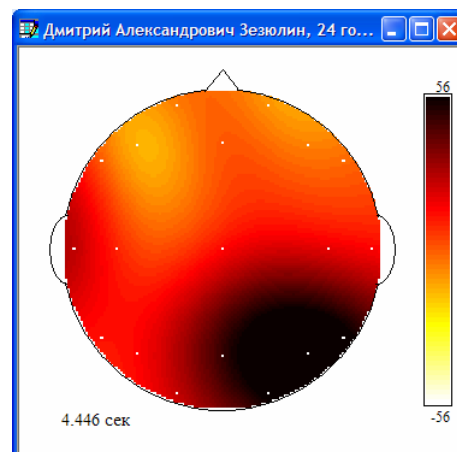
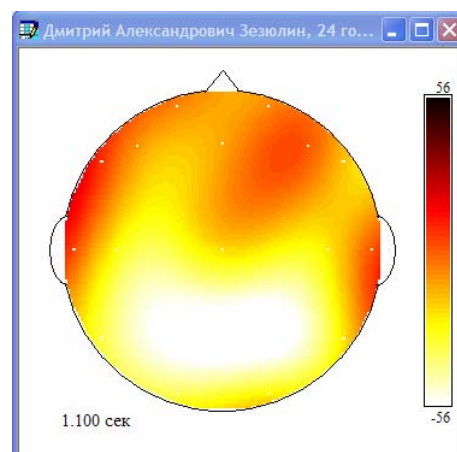


12. После завершения расчетов появиться окно с ERD\ERS кривыми, пример которого приведен на следующем рисунке. Увеличьте один из каналов, например Pz, дважды щелкнув по нему левой кнопкой мыши. Вертикальная шкала для ERD\ERS сигнала представлена в %, горизонтальная в мс. Вертикальной красной чертой отмечен момент предъявления стимула. Для изменения вертикального масштаба используйте клавиши клавиатуры ↑ и ↓.



Как видно на этом рисунке, в интервале от 0 до 3200 мс наблюдается десинхронизация альфа-ритма до уровня -50% с максимумом на интервале 1000-1500 мс, затем наступает синхронизация ритма до уровня +50% на латентностях 4500 и 6000 мс.

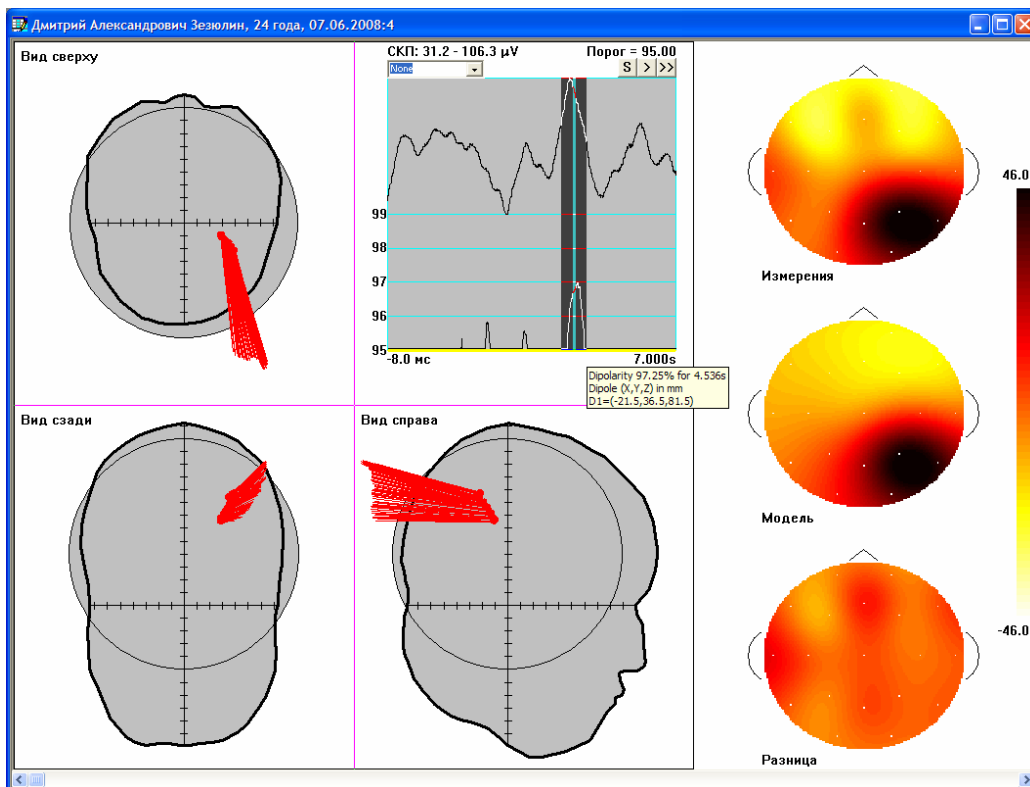
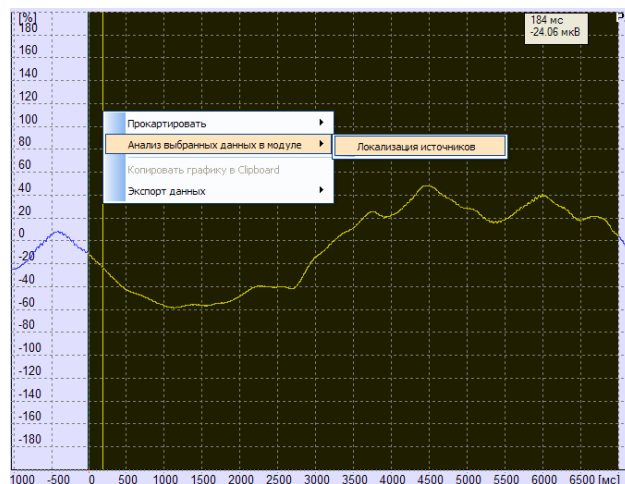
13. Для анализа пространственного распределения ERD\ERS выбранного ритма активируйте окно потенциальных карт, нажав пиктограмму  панели основного ЭЭГ сигнала. Появится окно картирования. Установите в нем требуемый размах шкалы. Для рассматриваемого выше примера можно задать максимум и минимум шкалы как +56 и -56. Затем переведите курсор мыши в окно отображения ERD\ERS. В окне картирования будет построена карта распределение (де)синхронизации, аналогично показанным на рисунке справа. Видно, что на 1100 мс после предъявления стимула доминирует процесс десинхронизации альфа-ритма в затылочных отведениях, а на 4446 мс видна синхронизация альфа-ритма справа преимущественно в теменно-затылочной области, а также небольшая его десинхронизация в центрально-лобных отведениях, более выраженная слева.



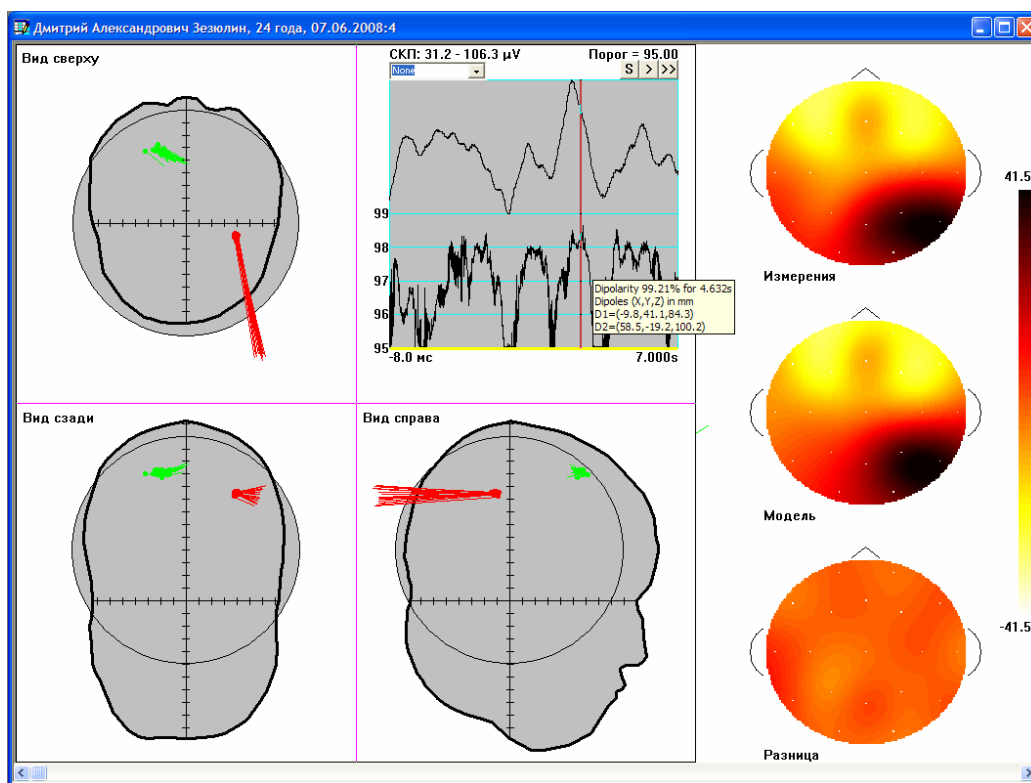
Дополнительно к построению карт для разных латентностей для анализа (де)синхронизации можно использовать методы динамического картирования, дипольный анализ, а также произвести экспорт данных в MS Excel.

Для дипольного анализа выполните действия:

1. Из всплывающего меню окна (при топографическом отображении всех каналов) с ERD\ERS кривыми выберите опцию «Вид анализа->Локализация источников». В появившемся окне вызовите конфигурационный диалог, выбрав из всплывающего меню строку «Параметры...». Задайте использование однодипольной модели. Нажмите кнопки «Применить», а затем «Заккрыть». Также через всплывающее меню включите опцию «Показ карт».
2. Вернитесь в окно с ERD\ERS кривыми и увеличьте один из каналов, например, Pz. В этом канале выберите отсчеты от начала стимула и до конца эпохи анализа. Выбранный участок сигнала будет выделен черным цветом. Кликните правой кнопкой внутри этого прямоугольника для вызова всплывающего меню и выберите опцию «Анализ выбранных данных в модуле->Локализация источников».
3. Программа произведет поиск источников и опишет процесс (де)синхронизации в рамках однодипольной модели. Для рассматриваемого примера ERD\ERS данных можно выделить 3 пика на 2430, 3330, 4560 мс. Последний из них имеет максимальную выраженность:



Источники генерации для этого пика локализируются в правой центральной зоне, но они описывают изменения ритма только в правом полушарии. Небольшой локальный экстремум в левой лобно-центральной области остается необъясненным. Двух-дипольный анализ позволяет выделить источник и в этой зоне (в информационном желтом окне в центре показаны координаты диполей):



**Замечание:** Интерпретация полученных результатов дипольного анализа выходит за рамки данного руководства и служит исключительно для иллюстрации возможных подходов при анализе ERD\ERS.

## Запись ERD\ERS-данных в файл и их экспорт в Excel

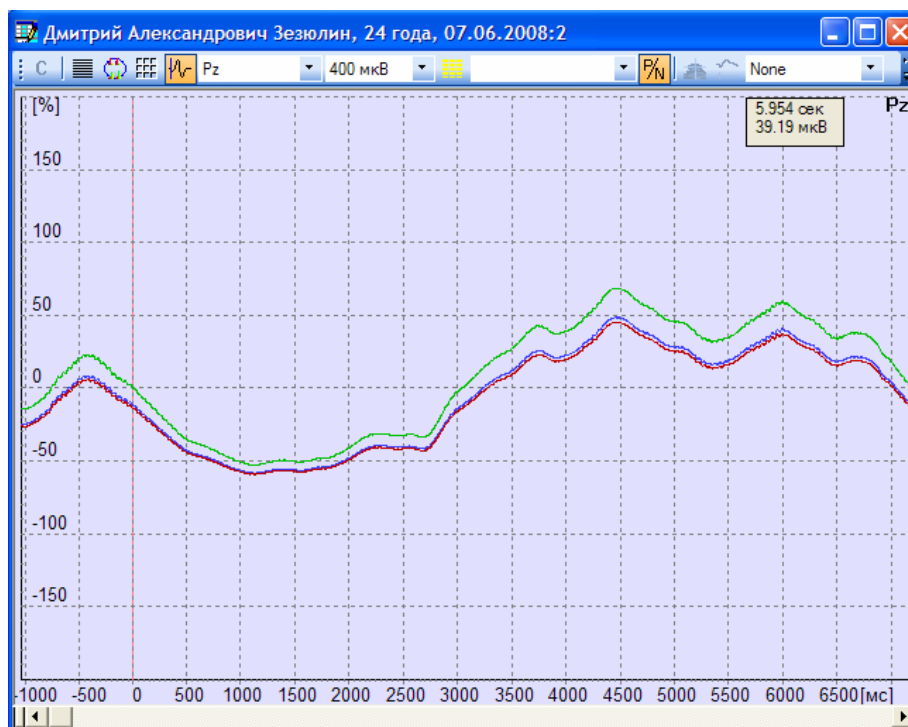
Рассчитанные ERD\ERS сигналы можно сохранить в виде файлов. Для этого из всплывающего меню для окна с ERD\ERS сигналами выберите опцию «Сохранить ВП данные». Затем в диалоге сохранения выберите папку и задайте имя файла. Сигналы будут сохранены в формате AVG. В последующем эти файлы можно напрямую загружать с диска через основное меню программы «Файл->Открыть ЭЭГ для анализа...». К этим файлам в последующем можно применить операции сложения, вычитания, вейвлет-фильтрации, рассчитать grand average. В целом, набор операций такой же, как и при анализе вызванных потенциалов.

Для выполнения статистического анализа можно произвести экспорт исходных ERD\ERS кривых в MS Excel. Для этого из всплывающего меню ERD\ERS окна выберите опцию «Экспорт данных->Копировать данные в MS Excel». Откроется окно MS Excel с таблицей значений, в самой левой колонке которой показано время. Произведем проверку использования референтного интервала. В рассматриваемом выше примере был использован интервал от -500 до 0 мс (данные для последнего отсчета на 0-ой мс не включаются в сумму при определении уровня фоновой активности). Выберем для одного из каналов все значения для этого интервала (т.е. для значений от -500 до -2 мс включительно) и нажмем значок автосуммы  $\Sigma$ . В самом низу таблицы для данного канала появится результирующее число. Оно должно быть близко к нулю. Например, для примера выше под каналом Fp1 эта величина составит  $-6.4 \cdot 10^{-7}$ , т.е. она ничтожно мала.

## Выбор параметров при расчете ERD\ERS

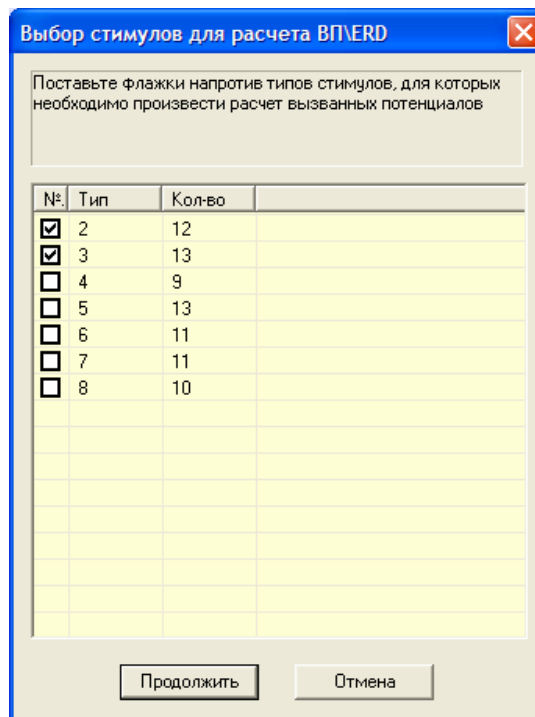
Рассмотрим влияние ряда параметров на результирующую ERD\ERS-кривую:

1. Вызовите диалог «Параметры расчета ВП\ERD\ERS». Задайте длину сглаживания в 250 мс. Снимите флажок «Удалить предыдущие результаты». Нажмите кнопку «Продолжить». Повторите расчет при длине окна сглаживания 100 и 50 мс, а также при отключенной опции сглаживания. Видно, что при большой длительности сглаживания исчезают несущественные высокочастотные детали, что в целом способствует выявлению фундаментальных трендов.
2. Теперь исследуем влияние референтного интервала. Для этого в диалоге параметров задайте длину окна сглаживания как 500 мс и установите флаг «Удалять предыдущие результаты». Задайте референтный интервал от -500 до 0 мс. Нажмите кнопку «Продолжить». Повторите расчеты при интервале от -700 до -200, и от -1000 до -500 мс и снятом флаге «Удалять предыдущие результаты», чтобы можно было визуально сравнивать результаты расчетов при различных параметрах референтного интервала. В результате будут получены ERD\ERS кривые, подобные показанным ниже:



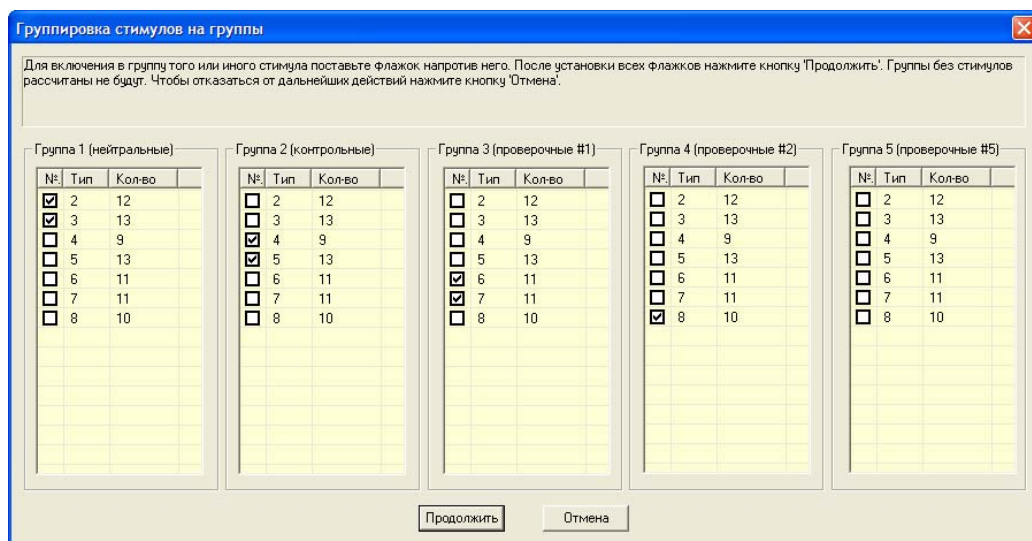
На этом рисунке синим показаны расчеты для интервала от -500 до 0 мс, красным – от -700 до -200 мс, зеленым – от -1000 до -500 мс. Как видно, этот параметр в основном влияет на положение кривой ERD\ERS по вертикали, но не меняет её форму.

3. Исследуем влияние типа фильтра. Пересчитайте ERD\ERS с удалением предыдущих результатов и при выборе FFT в качестве фильтра. Затем произведите повторный расчет, но выбрав в качестве фильтра «КИХ 2-го порядка» и убрав флаг удаления предыдущих результатов. Расчет при этом типе фильтра производится быстрее, но для полученной с его помощью ERD\ERS-кривой характерны более крутые выбросы и неустойчивое поведение для начальных отсчетов эпохи. В силу этой причины, а также того, что для расчета ERD\ERS-карт применяется FFT-фильтр, рекомендуется использовать этот тип фильтра.
4. Рассмотрим расчет ERD\ERS отдельно для разных типов стимулов. Для этого в диалоге параметров выберите опцию «Раздельно» из группы «Усреднение». Нажмите кнопку «Продолжить». Появится диалог выбора стимулов:



В этом диалоге показаны типы стимулов и их количество, за исключением артефактных эпох, исключенных из анализа. Для расчета ERD\ERS-кривых для конкретных типов стимулов поставьте галочки напротив них. На рисунке выше выбраны стимулы 2 и 3. Нажмите кнопку «Продолжить» для выполнения расчетов.

- Рассмотрим группировку стимулов. В некоторых экспериментах разные метки могут соответствовать одной категории стимулов и при исследовании отклика мозга их можно объединить в одну группу. Например, в экспериментах с парными черно-белыми и цветными стимулами по Розенфельду, можно семантически выделить 3 разных категории стимулов – нейтральные, контрольные и релевантные. Для группировки ответов на эти категории в 3 блока нужно выбрать опцию «Разбить на группы». После нажатия кнопки «Продолжить» появится диалог:



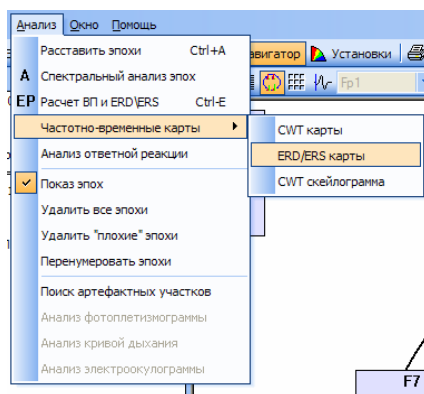
Расставьте галочки для включения эпох с разными типами стимулов в ту или иную группу. В примере выше было задано разбиение стимулов на 4 группы, 5-ая группа осталась пустой и создана не будет.

## Расчет ERD\ERS-карт

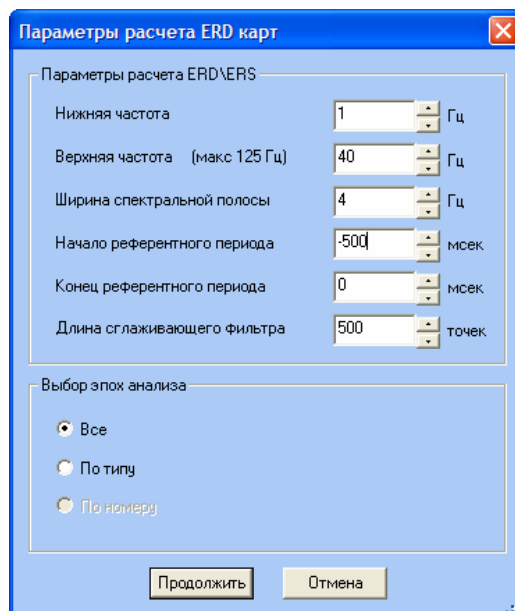
Как уже отмечалось выше, при использовании метода ERD\ERS часто возникает вопрос: *На какие частоты и на какие отведения следует обратить внимания?* Для ответа на этот вопрос наиболее удобно использовать ERD\ERS-карты, наглядно представляющие изменения всех ритмов и под всеми электродами.

Для расчета этих карт в программе Неокортекс необходимо:

1. Расставить эпохи анализа по меткам сенсорной стимуляции (без разбиения на подэпохи).
2. Рассчитать ВП или ERD\ERS (параметры расчета не важны; главное, чтобы появилось окно с усредненными данными; именно в нем будут отображаться карты).
3. Вызвать расчет карт с помощью подменю «Частотно-временные карты->ERD\ERS-карты»:

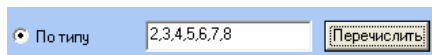


4. Появится диалог с параметрами расчета и выбором анализируемых эпох:



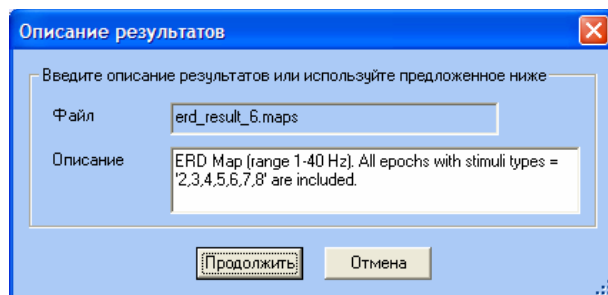
Большинство этих параметров можно оставить без изменения, параметры «Начало референтного периода» и «Конец референтного периода» не должны выходить за пределы предстимульного интервала. Длину сглаживающего фильтра нужно задавать в отсчетах. Задайте его так, чтобы он был равен 1000 мс. Если частота опроса равна 500 Гц, то введите число 500.

Если выбран флажок «Все» в разделе выбора эпох анализа, то ERD\ERS-карты будут построены для всех типов стимулов. Вначале рекомендуется произвести расчет для всех типов стимулов для оценки общей картины изменений ритмики в данном типе экспериментов. Для того чтобы рассчитать карты для одного или нескольких типов стимулов, необходимо выбрать флажок «По типу». Появится дополнительное окно ввода, в котором необходимо через запятую ввести требуемые типы стимулов:

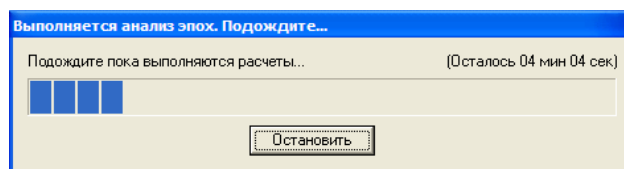


С помощью кнопки «Перечислить» можно определить все имеющиеся типы стимулов.

5. При нажатии кнопки «Продолжить» программа выдаст диалог описания результатов. При необходимости отредактируйте сгенерированное программой содержимое текстового поля «Описание» и нажмите кнопку «Продолжить».

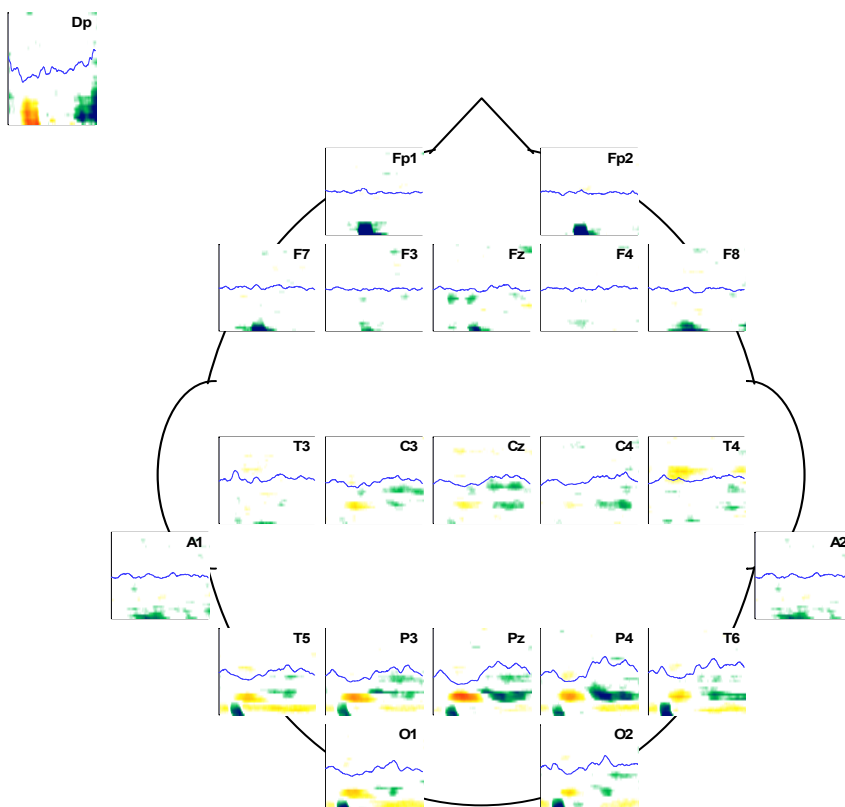


6. После этого будут выполняться расчеты, которые в зависимости от длины эпох анализа, их количества и скоростных параметров компьютера могут занять от нескольких минут до нескольких десятков минут. В процессе расчета программа показывает информационный диалог, где отображена оценка оставшегося времени.

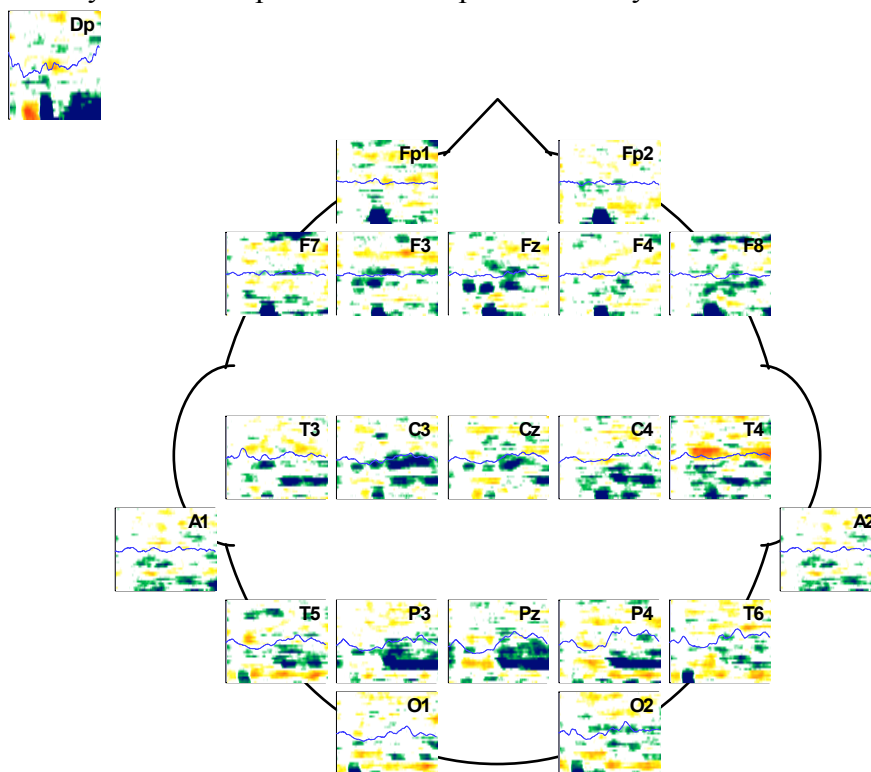


При принудительного останова расчетов, нажмите кнопку «Остановить».

7. По завершения расчетов на экране появятся карты десинхронизации:

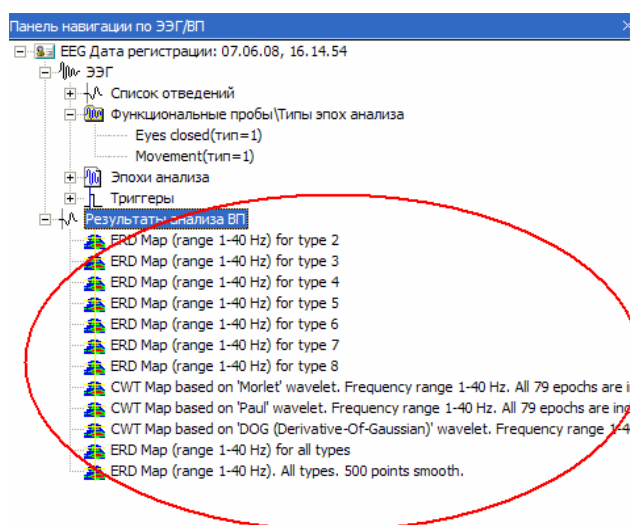


8. Повторите расчет ERD карт отдельно для каждого типа стимулов. Так как количество стимулов для конкретного типа стимулов значительно меньше, чем их общее количество, то для индивидуальных ERD\ERS-карт характерен большой уровень шума. Ниже представлена карта для стимула №2 с 12 эпохами:



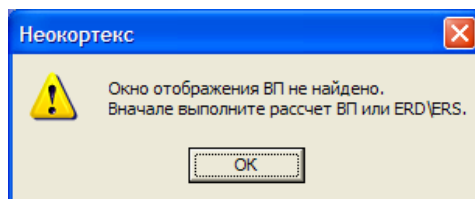
## Просмотр ERD\ERS-карт

При каждом расчете ERD\ERS-карт программа автоматически создается специальный файл с расширением файла «maps» в той же директории, где находится ЭЭГ файл. Эти карты перечисляются в Навигаторе в разделе «Результаты анализа ВП». На рисунке ниже показан пример, в котором имеется несколько карт:



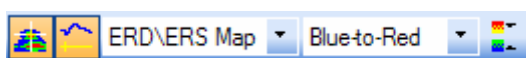
Двойным щелчком по соответствующей карте можно загрузить её для просмотра. Попробуйте просмотреть различные карты, не закрывая исходное окно с ERD\ERS-кривыми. Потом закройте все окна и выйдите из программы Неокортекс.

Необходимо отметить, что после выхода из программы и повторной загрузки файла ЭЭГ, для которого ERD\ERS-карты уже были рассчитаны, необходимо вначале создать окно с ВП или ERD\ERS-кривыми. Иначе программе негде их отображать и при попытке их загрузки по щелчку на имени карты в Навигаторе программа выдаст следующее сообщение об ошибке:



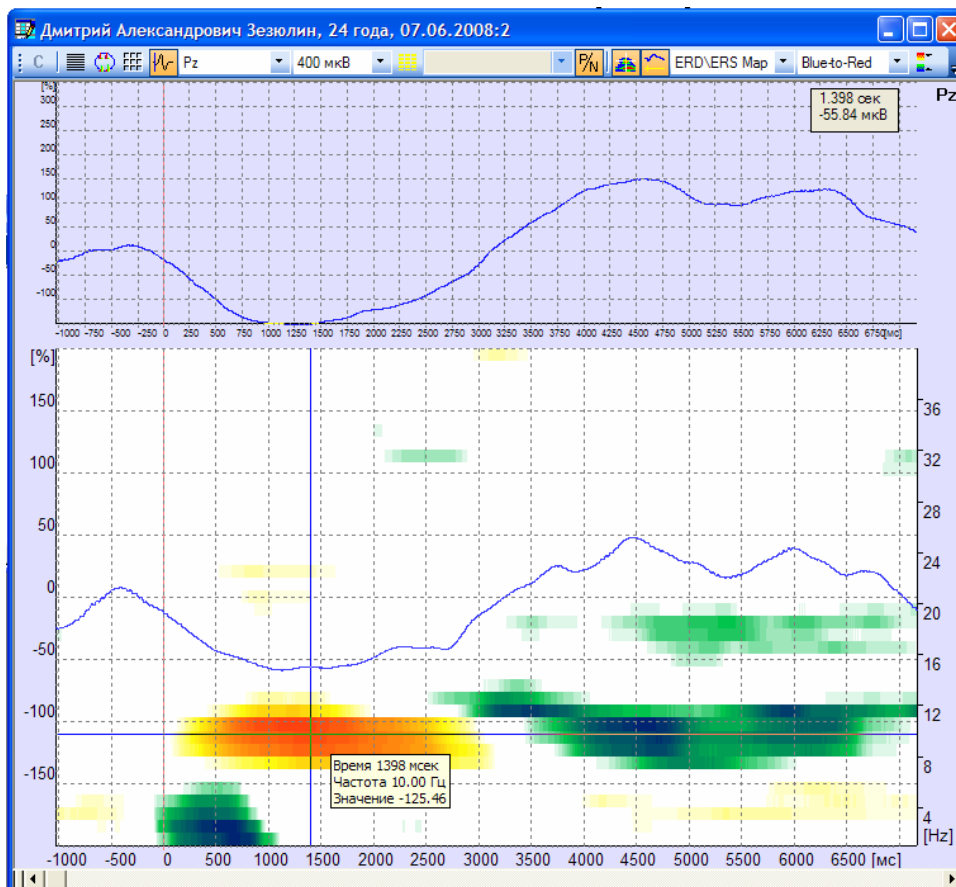
Поэтому для повторной загрузки ERD\ERS-карт запустите вначале расчет ВП или ERD-кривых, а уж затем производите загрузку карт по щелчку в Навигаторе.

В панели управления имеются специальные кнопки для контроля отображением частотно-временных карт:



Назначение этих кнопок (слева направо):

- Включение информационного окна, позволяющего просмотреть значение карты под курсором для заданного времени и частоты;
- Включение режима просмотра сечения карты (только при отображении одного канала в увеличенном виде). При этом в верхней части отображается «классическая» кривая ERD\ERS, показывающая (де)синхронизацию ЭЭГ на выбранной частоте в процентах (в текущей версии шкала фиксирована – от -150% до +350%, шкала находится слева). На рисунке ниже приведен экран, когда были включены обе описанные опции:



Как видно на срезе для частоты 10 Гц и для канала Pz, начиная с 250 мс до 2750 мс происходит подавление ритмической активности в этом диапазоне на 150% от уровня фоновой активности, т.е. десинхронизация. С 3 секунды наблюдается 2 периода усиления активности, т.е. синхронизация с максимумами на 4500 мсек (до 150%) и 5500 мсек (до 100%). Большой размах, а также более гладкий вид кривой сечения ERD-карты по сравнению с индивидуально построенной ERD-кривой на частоте 10 Гц связан с тем, что при расчете карт используется полоса шириной в 4 Гц, т.е. производится суммация результатов.

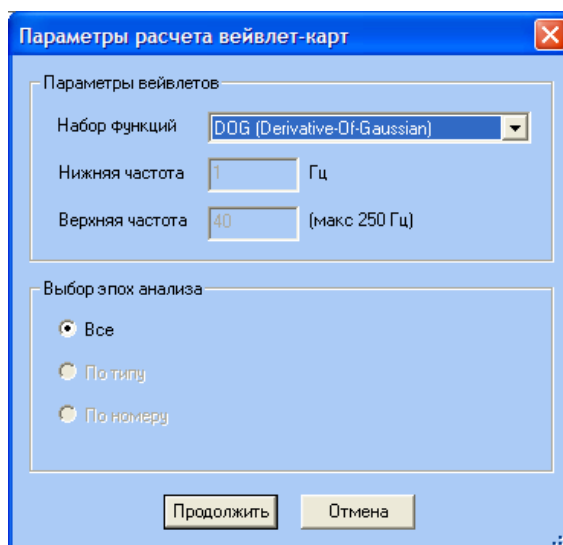
- Ниспадающий список, который переключает тип отображаемой карты. При выборе «None», отображение карт отключается.
- Ниспадающий список, переключающий цветовую гамму, используемую для отображения карт. Всего имеется 8 типов шкал.
- Включение отображения цветовой шкалы справа.

Каждая карта может занимать десятки мегабайт на диске. Чтобы удалить ненужные карты кликните правой кнопкой мыши в Навигаторе по строке с названием этой карты, а затем из всплывающего меню выберите опцию, позволяющую удалить данную карту.

Если курсор мыши позиционировать на каком-либо экстремуме карты, а затем из всплывающего меню выбрать опцию «Сохранить значение карты», то в буфер обмена будет помещена текстовая информация с указанием времени пика, его частоте и величине (де)синхронизации. Эту информацию можно потом вставить в любой тестовый редактор, например, в Блокнот.

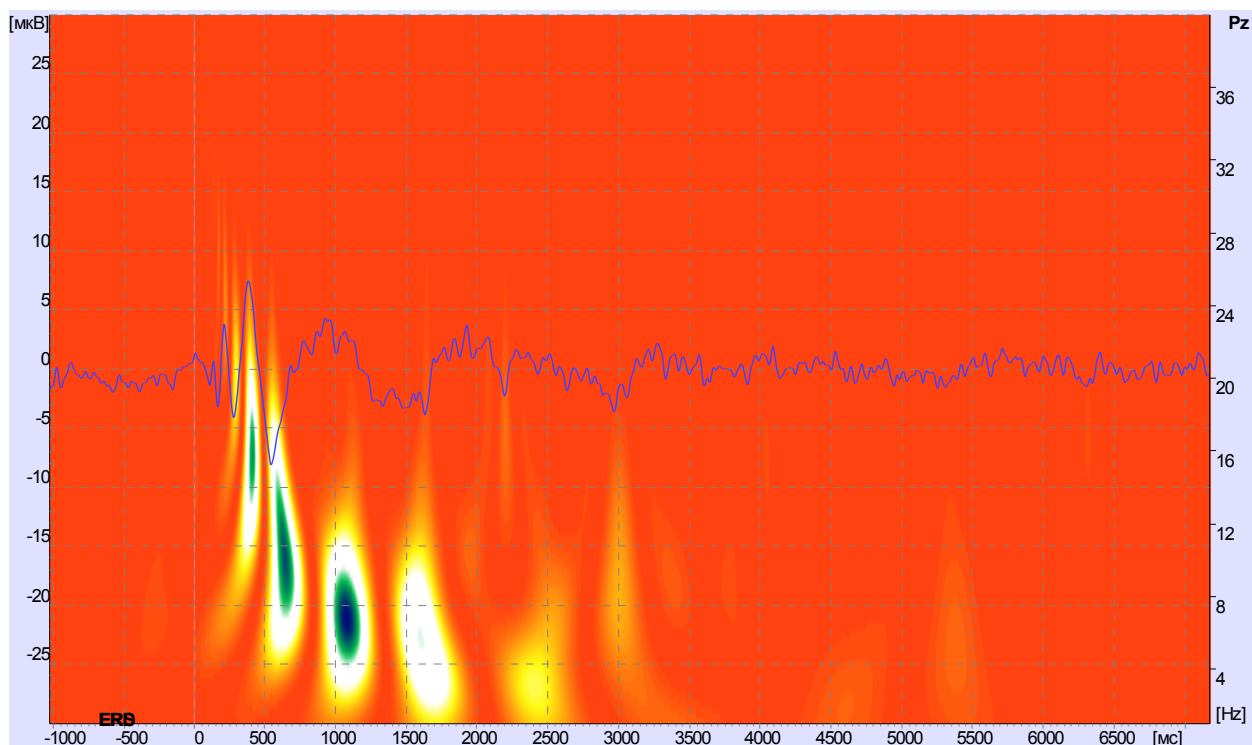
## Сравнение ERD-карт с вейвлетогаммой

Часто для анализа ВП используется непрерывное вейвлет-преобразование (НВП) или вейвлетогамма. Считается, что НВП-карты позволяет лучше идентифицировать переходные процессы и, соответственно, выявить новые феномены в ответ на предъявление сенсорной информации. С помощью пункта меню «Анализ->CWT карты» вызовите конфигурационный диалог для расчета вейвлетогамм:



Нажмите кнопку «Продолжить». После выполнения расчетов на фоне ВП\ERD\ERS-кривых появятся НВП-карта.

На рисунке ниже она приведена для тех же данных, что ERD\ERS-карта выше:



В качестве порождающей функции (mother function) была использована DOG (Derivative Of Gaussian), позволяющая выявить более короткие переходные процессы, чем другие вейвлет-функции (Morlet или Paul).

На данной НВП-карте видны 4 основные вспышки активности (в виде каплеобразных образований в градациях сине-зеленого цвета):

1. 400 мс – 12 Гц
2. 650 мс – 5.6 Гц
3. 1085 мс – 4 Гц
4. 1600 мс – 3.3 Гц

Сравнивая местоположение этих максимумов с самой кривой ВП, можно обнаружить, что их положение соответствует локальным экстремумам (минимумам или максимумам) усредненного ВП сигнала. Т.е. несмотря на всю красочность подобной карты, какой-либо новой информации она не выявляет. Более того, перестройка ритмики на подачу стимула и его окончание на вейвлетограмме вообще не видна.