

# Магнитная энцефалография и «сломанные» нейронные сети

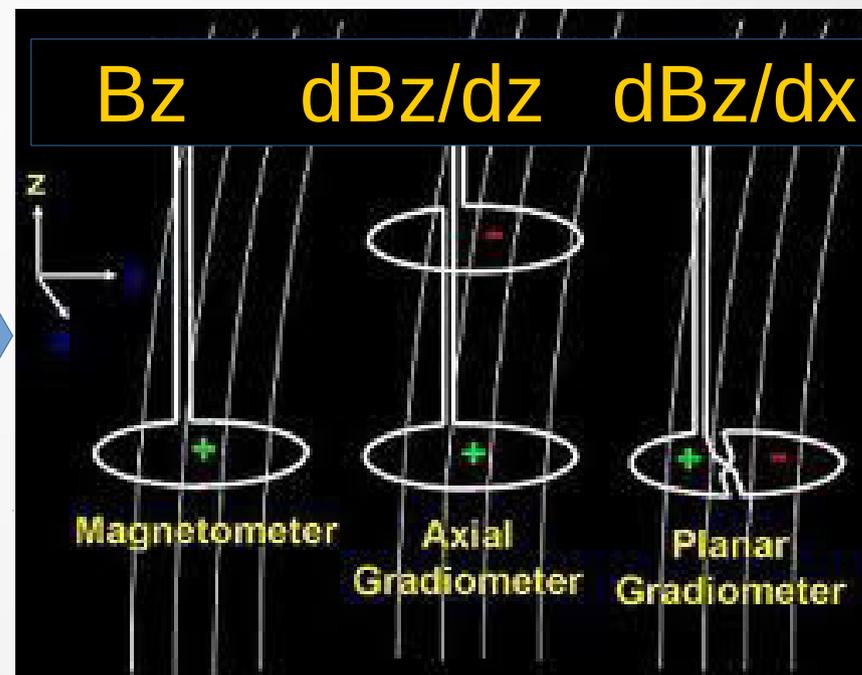
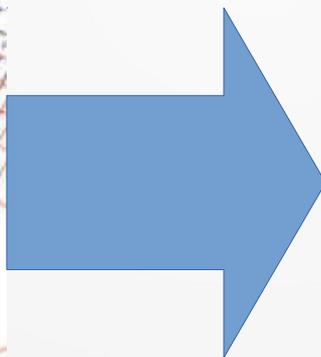
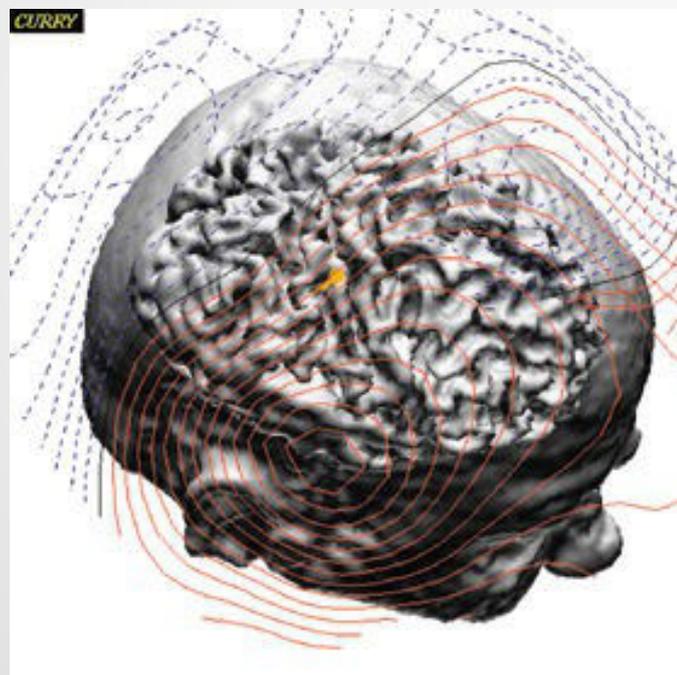
Докладчик: Бочкарев Михаил

Научный руководитель:  
К.В. Воронцов

2 апреля 2015

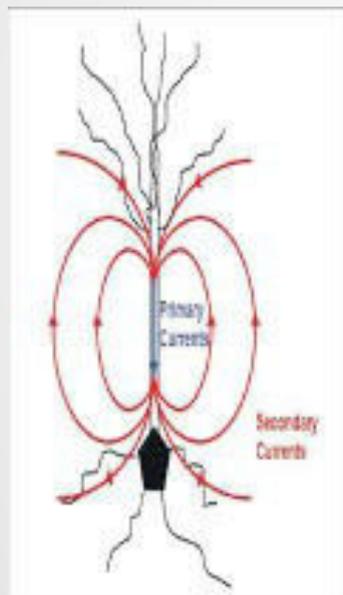
# Что такое МЭГ ???

- МЭГ — это измерение напряженности магнитного поля  $\mathbf{B}$  и её производных

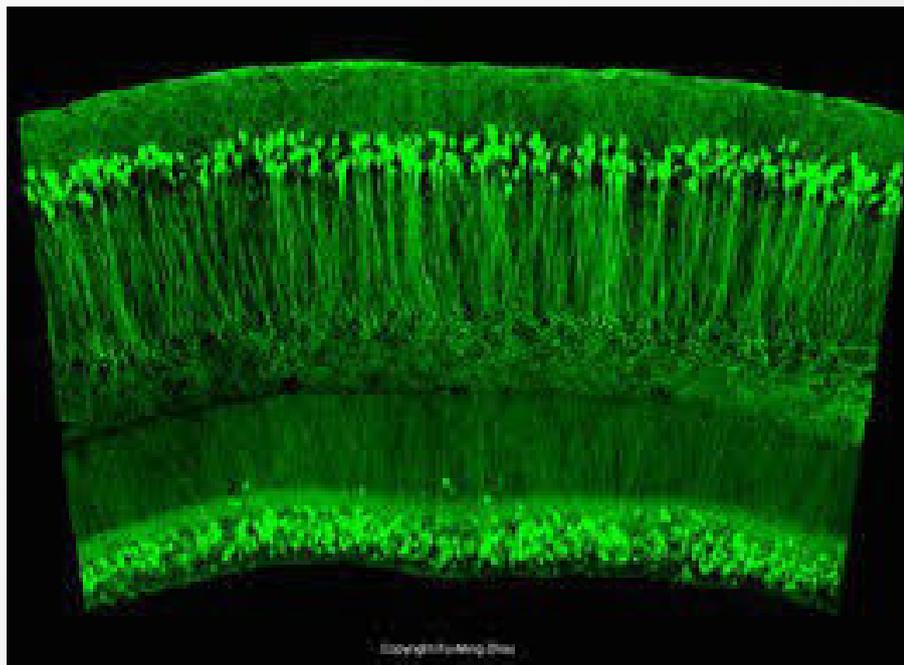


# Что такое МЭГ ???

- Магнитное поле порождается током десятком тысяч пирамидальных нейронов



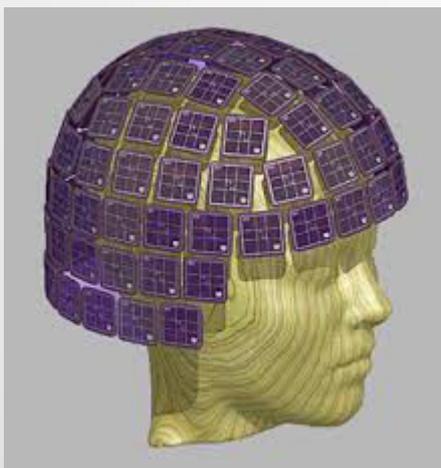
**\* 10 000 =**



**~ 10<sup>-15</sup> Тл/м**

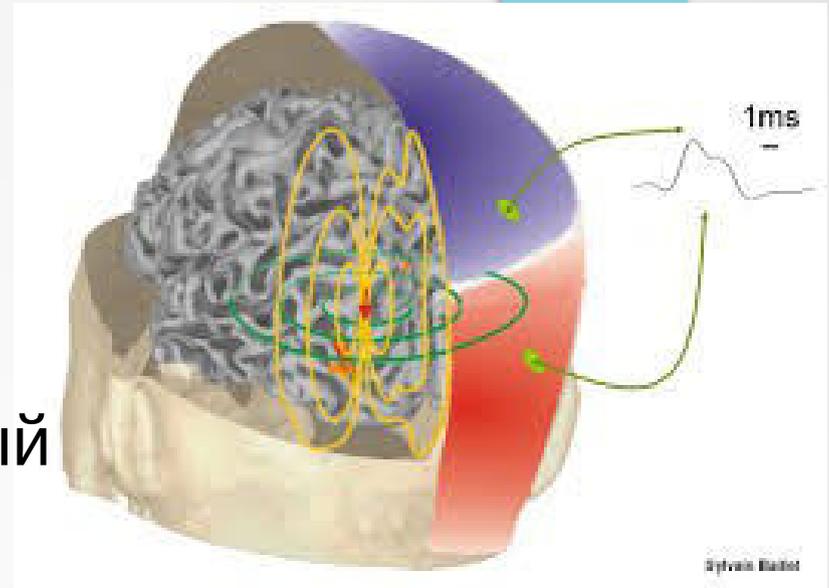
# Что такое МЭГ ???

- В системе Elekta Neuromag сенсоры собирают в тройки на одну катушку
- Катушки образуют неподвижный шлем



# Прямая модель

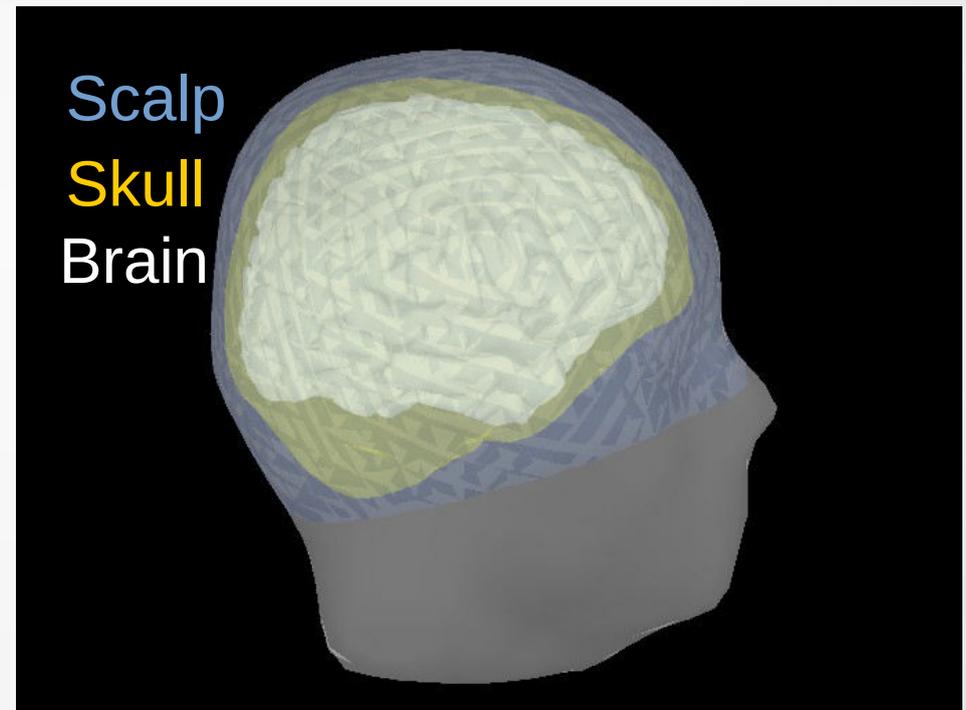
- Активность мозга представляется как сумма точечных диполей.
- Прямая модель – это линейный оператор  $\mathbf{G}$ , который по трем проекциям тока диполя дает показания сенсоров МЭГ.
- Расчёт прямой модели производится по (линейным) уравнениям Максвелла при квазистационарном приближении.



$$\vec{x} = \mathbf{G}\vec{j} + \epsilon$$

# Прямая модель

- Результат зависит от проводимости различных тканей.
- Результат зависит от модели головы. (сферическая или реалистичная)
- На практике, для МЭГ, модели дают примерно одинаковые результаты.



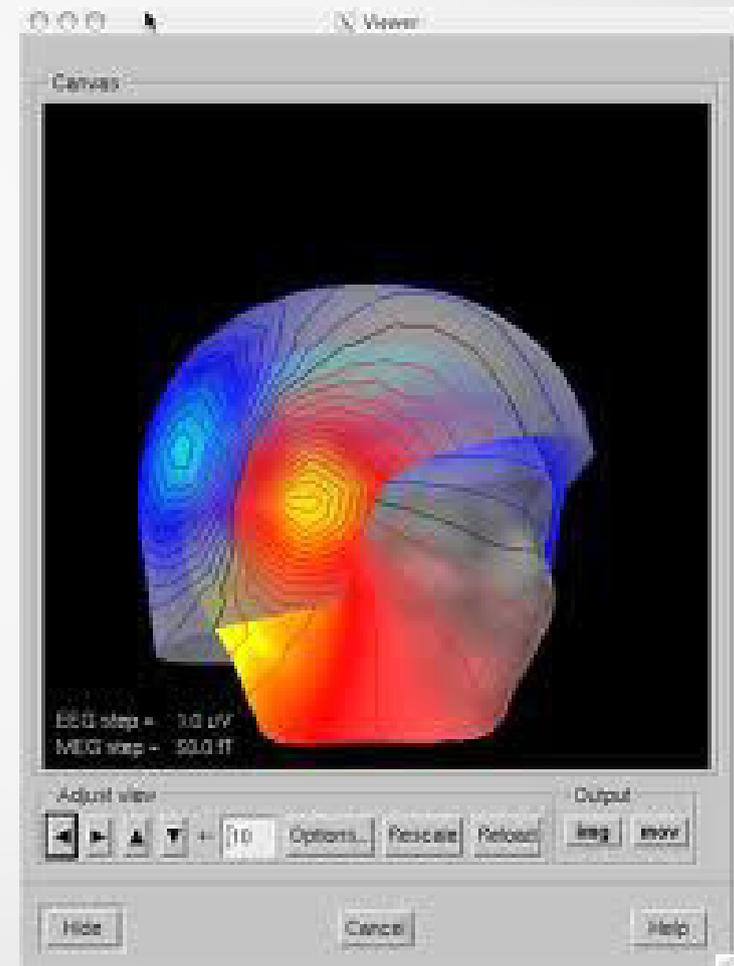
Триангуляция реалистичной модели, выполненной пакетом OpenMEEG.

# Дипольное моделирование

- Иногда данные можно объяснить небольшим количеством диполей.
- Нелинейная задача оптимизации:

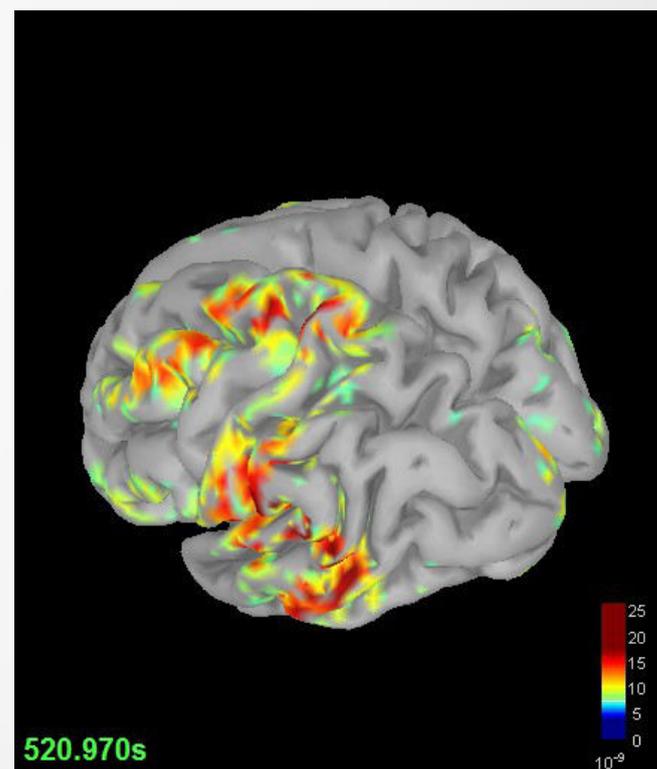
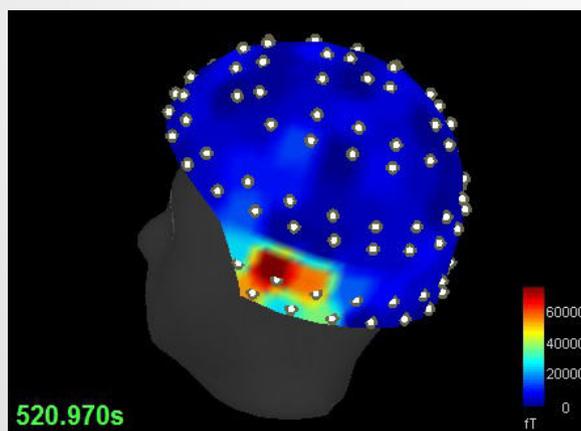
$$j_k = \operatorname{argmin} \|x - G j_k\|$$

- Также необходимо учитывать направление диполя.



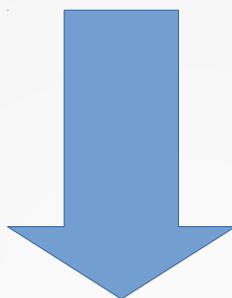
# Обратная задача

- Обратная задача – это задача распределения плотности тока, т. е. моделирование по всем точкам потенциальных источников.



# Обратная задача

- Число источников  $\geq 15000$
- Число сенсоров = 306



- Обратная задача некорректно поставлена!
- Требуются дополнительные априорные предположения о распределении плотности тока.
- Разные методы могут давать существенно (1-2см) разные локализации.

# Оценка наименьших квадратов (MNE)

- Стандартный выход – найти (регуляризованное) решение, обладающее наименьшей L2 нормой:

$$\vec{j} = (G^t G + \lambda C^{-1})^{-1} G^t \vec{x};$$

- Обычно рассматривают оценку, взвешенную матрицей  $\mathbf{R} = \text{Cov}(\mathbf{j})$ , если априорное знание позволяет получить оценку  $\mathbf{R}$ :

$$\vec{j} = (G^t R^{-1} G + \lambda C^{-1})^{-1} G^t R^{-1} \vec{x};$$

- В некоторых работах рассматривается минимальное решение в смысле L1 нормы (Minimum Current Estimate).

# Бимформинг

- Решение основано на попытке найти пространственный фильтр (линейную комбинацию сенсоров), выделяющий  $k$ -ый источник.

$$\begin{cases} w_k^t G j_k^{\vec{r}} = 1 \\ w_k^t G j_m^{\vec{r}} = 0; k \neq m \end{cases}$$

- В методе скалярного minimum variance beamforming последние уравнения для устранения недоопределенности заменяют минимизацией

$$w_k^t \text{Cov}(\vec{x}) w_k$$

- Недостатки: высокая чувствительность по  $\mathbf{G}$ .

# Пример: взаимодействие звукового и визуального восприятия

- Четыре стимула:

- Двойной звуковой сигнал (A)



- Одиночный световой сигнал (V)



- Одиночный световой сигнал + двойной звуковой (AV)



- Двойной световой сигнал (V2)



Ladan Shams et al. Early modulation of visual cortex by sound: an MEG study. Neuroscience Letters 2004

# Пример: взаимодействие звукового и визуального восприятия

- С вероятностью 61% возникал иллюзорный второй световой сигнал



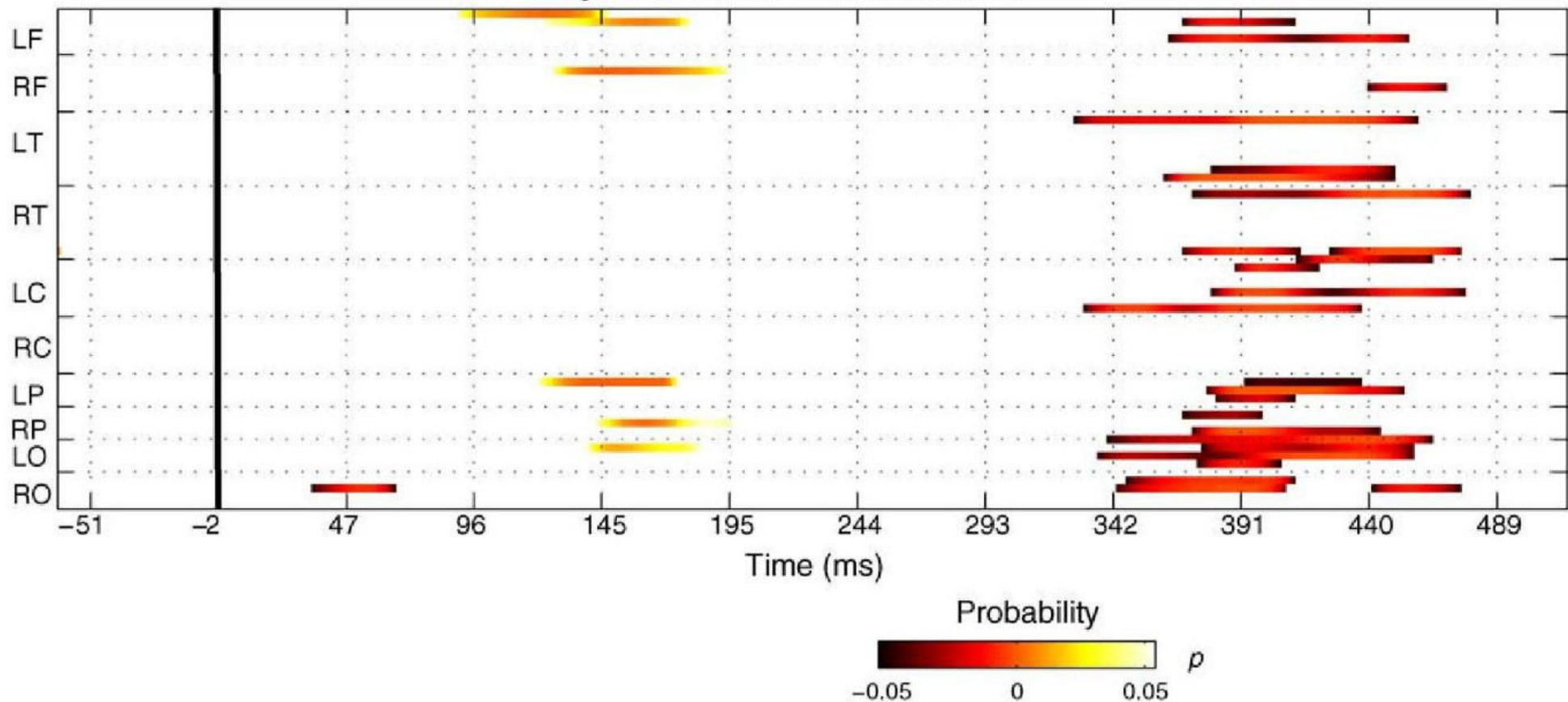
Ladan Shams et al. Early modulation of visual cortex by sound: an MEG study. Neuroscience Letters 2004

# Пример: взаимодействие звукового и визуального восприятия

*L. Shams et al. / Neuroscience Letters 378 (2005) 76–81*

AV – A – V

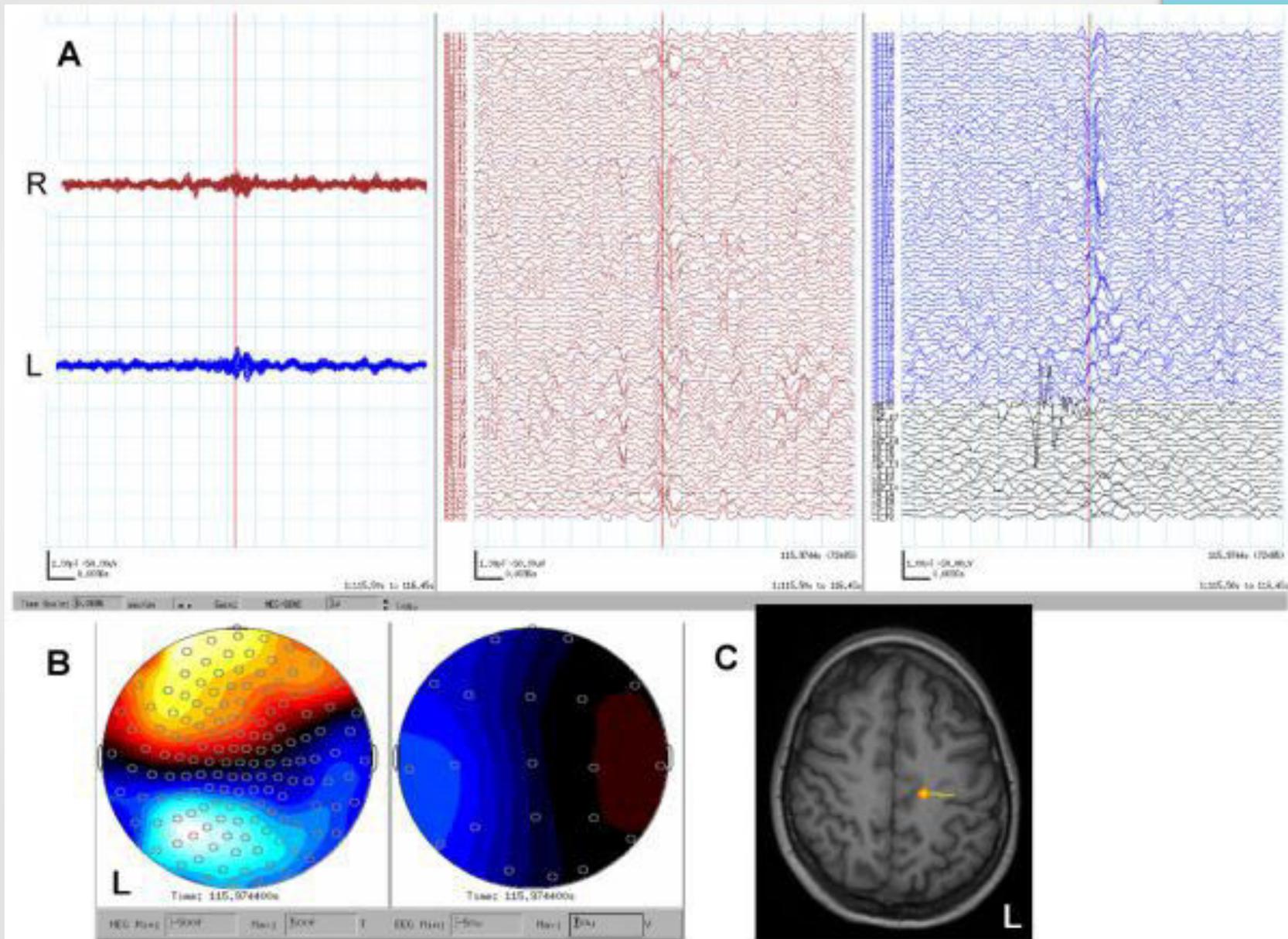
Significant Audio–Visual Interaction



# Эпилепсия

- Эпилепсия — это неоднородная группа заболеваний, клиника хронических случаев которых характеризуется судорожными повторными приступами и/или потерей сознания.
- В самых тяжелых случаях, когда антиэпилептические препараты не имеют никакого воздействия, прибегают к операции на головном мозге.
- Для операции необходима максимально точная локализация очага приступа.

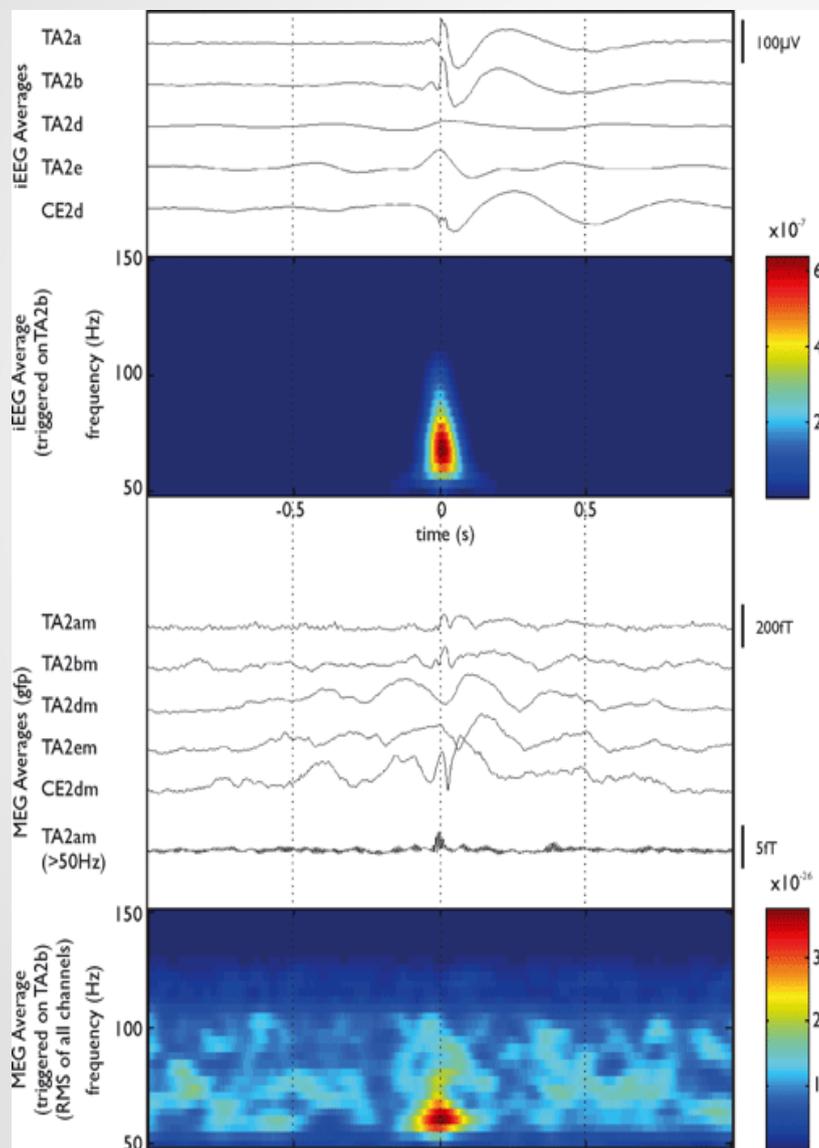
# Эпилепсия



# Высокочастотные осцилляции

- В настоящее время активно исследуется связь эпилепсии и других заболеваний с чрезмерной высокочастотной активностью ( $>30$  Hz, High Gamma Oscillations)
- Наиболее явная связь показана для iEEG, но исследования ведутся и для MEG и EEG.
- На практике сигнал, похожий на HGO может быть порожден внешним воздействием (артефактом) или даже мышечной активностью испытуемого.
- Нет четкого определения, что является HGO, а что нет.

# Высокочастотные осцилляции



Участки данных выбраны по критерию  $SNR > 2$  для iEEG и усреднены.

— усредненные показания iEEG

— усредненные показания MEG

Stefan Rampp et al. MEG correlates of epileptic high gamma oscillations in invasive EEG. *Epilepsia* vol.51, pp. 1638–1642, August 2010

# Предполагаемое исследование

- 1.) Определение высокочастотных событий, локализованные по времени и частоте.
- Метод: аналог SSD (Nikulin et al. 2011).

Матрицы ковариации шума и сигнала оцениваются локально из данных с учетом разнородной спектральной структуры.

+ не учитывается «шумовая» активность мозга

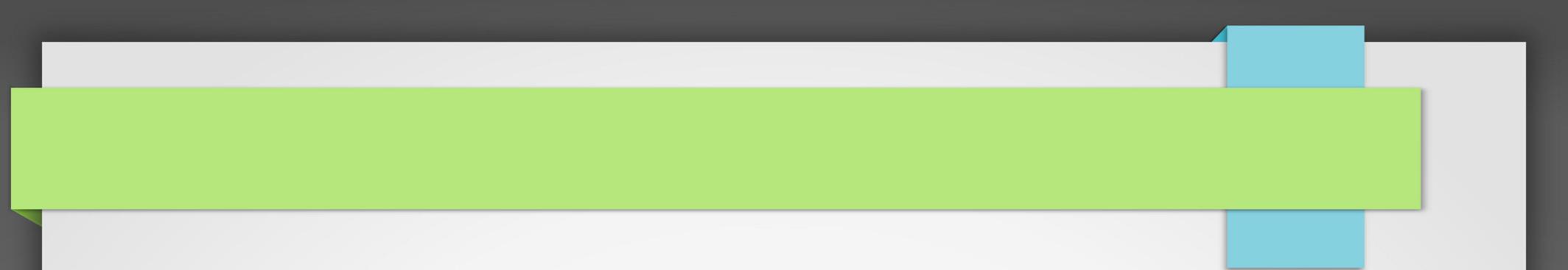
– малая выборка и большая размерность задачи

# Предполагаемое исследование

- 2.) Кластеризация найденных событий некоторым алгоритмом.

Предположительно, кластеризация будет проводится только по пространственной компоненте.

- 3.) Определить значимые кластеры.
- 4.) Предполагается, что для пациентов с явной высокочастотной активностью самый активный/ самый представленный кластер будет совпадать с верифицированной зоной локализации эпилепсии.

- 
- Спасибо за  
внимание!