

Выделение и локализация источников аудиторного отклика коры головного мозга по сильно зашумленным данным магнито- и электроэнцефалографии

Рыкунов С.Д., Сычев В.В., Устинин М.Н.

Институт математических проблем биологии РАН

Метод тонкой подстройки частоты для дискретного преобразования Фурье

Пусть T – время измерения некоторого сигнала, а F_{sample} – частота дискретизации, N – количество отсчетов времени измерения, тогда временное разрешение $dt = 1/F_{sample}$.

Временной ряд отсчетов:

$$t = \{0, dt, 2 \cdot dt, \dots, (N - 1) \cdot dt\},$$

где N – число отсчетов по времени. Разрешение по частоте для вещественного дискретного преобразования Фурье будет равно

$$dv = \frac{1}{dt \cdot (N - 1)} = \frac{1}{T}$$

Набор частот в спектре

$$\nu = \{0, dv, 2 \cdot dv, \dots, \left[\frac{F_{sample}}{2 \cdot dv} \right] \cdot dv\}$$

Для того, чтобы преобразование было точным для конкретной частоты ν_0 и ее гармоник, необходимо, чтобы $\nu_0 = m \cdot dv$, где m – целое число. Достичь выполнения этого условия можно, подстраивая значение dv путем изменения числа отсчетов времени, взятых для преобразования.

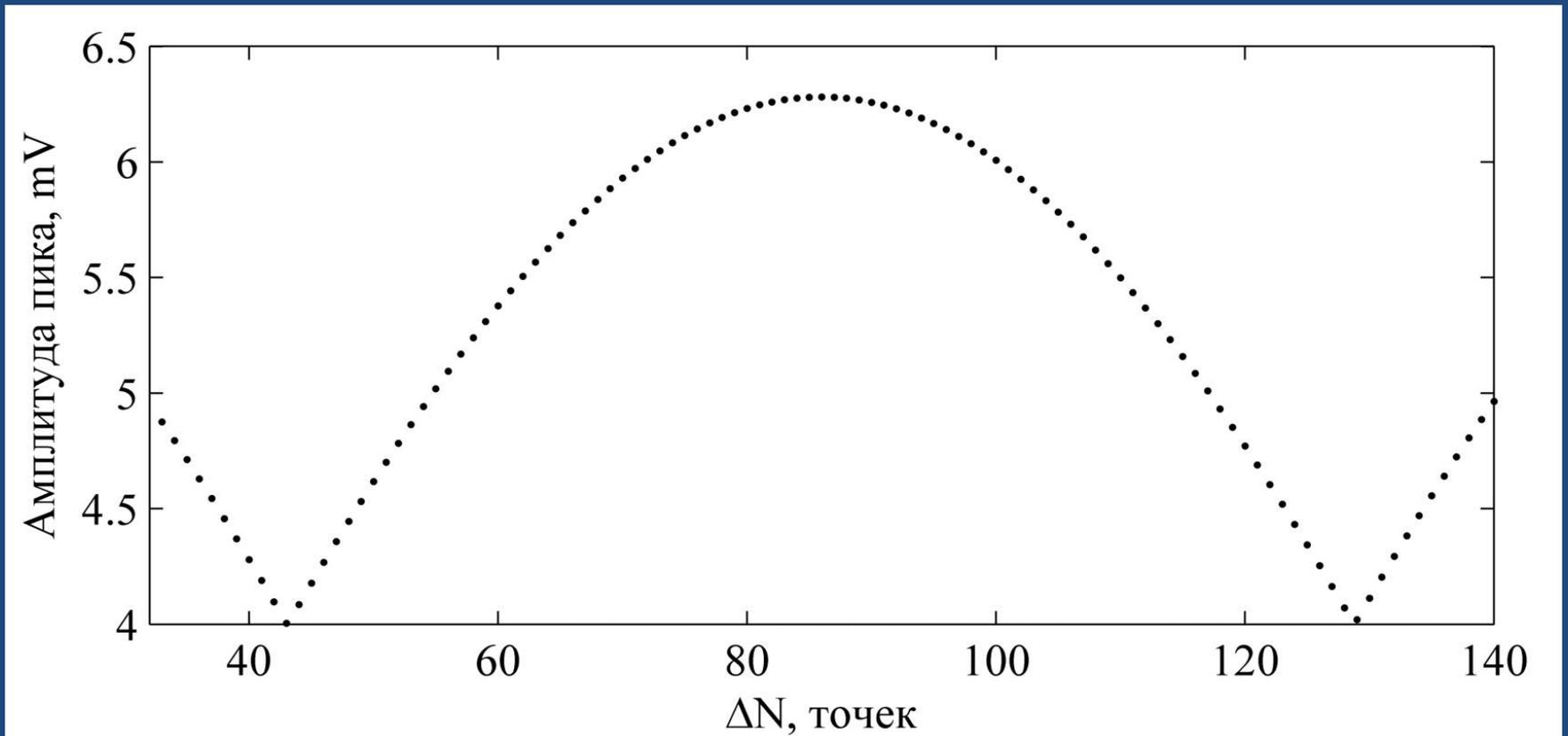
Нахождение частоты стимула

Для нахождения точного значения частоты стимула F_{cm} , возьмем запись стимула и последовательно выполним преобразование Фурье, на каждом шаге уменьшая число отсчетов по времени на 1, k раз, где

$$k = [F_{sample}/F_{cm}] + 1.$$

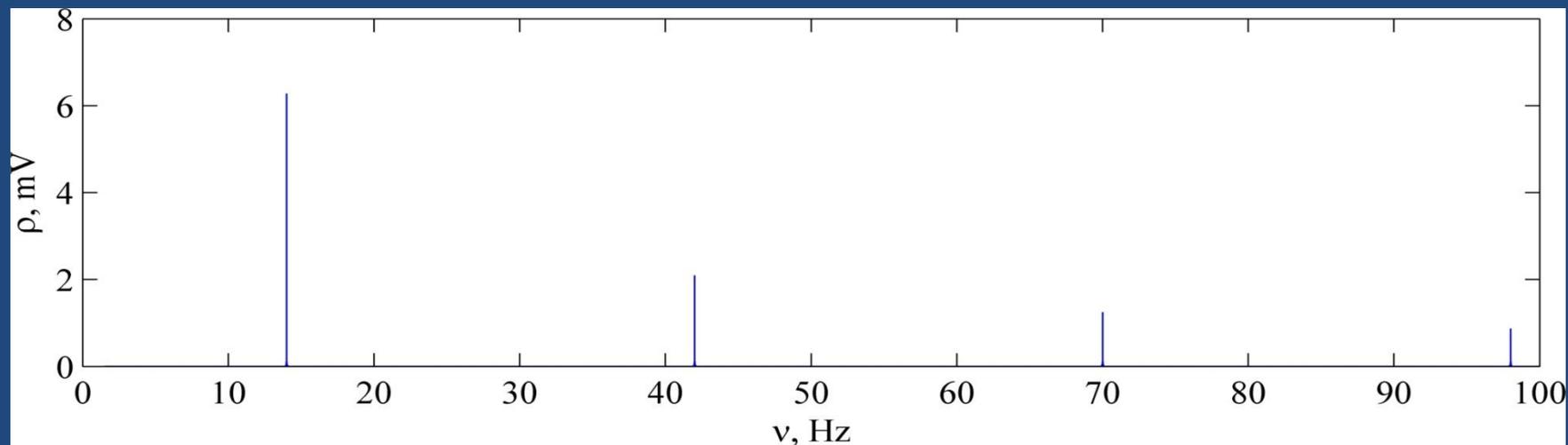
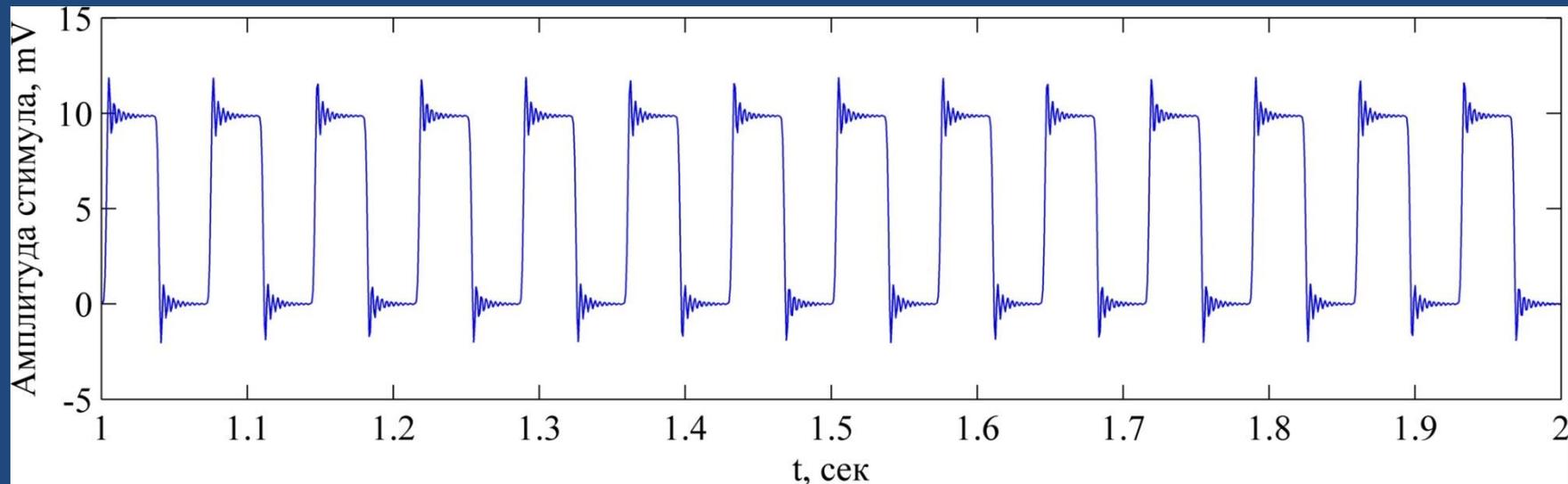
Для полученных наборов коэффициентов найдем максимумы амплитуд в узкой полосе частот вокруг искомой и найдем максимальный из них.

Соответствующая ему частота и будет искомой частотой стимула, а найденные частотная и временная сетка будут использованы для поиска отклика в многоканальных энцефалографических данных.

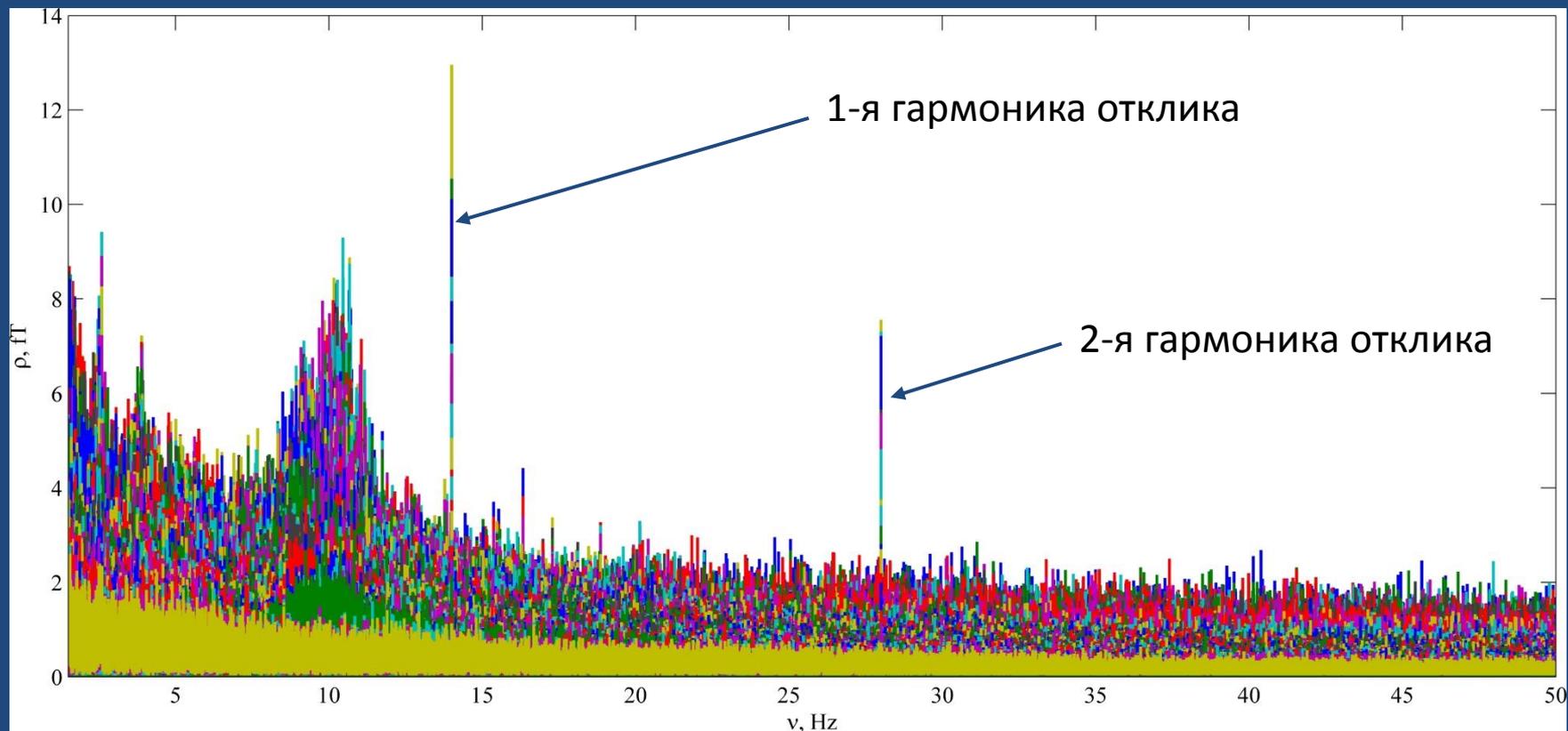


Оптимизация сетки частот при помощи изменения числа отсчетов для преобразования Фурье. Максимум амплитуды достигается на частоте стимула при уменьшении числа отсчетов на 85 точек, что соответствует 0.008% от общего числа отсчетов 1080000 точек.

Форма и спектр стимула

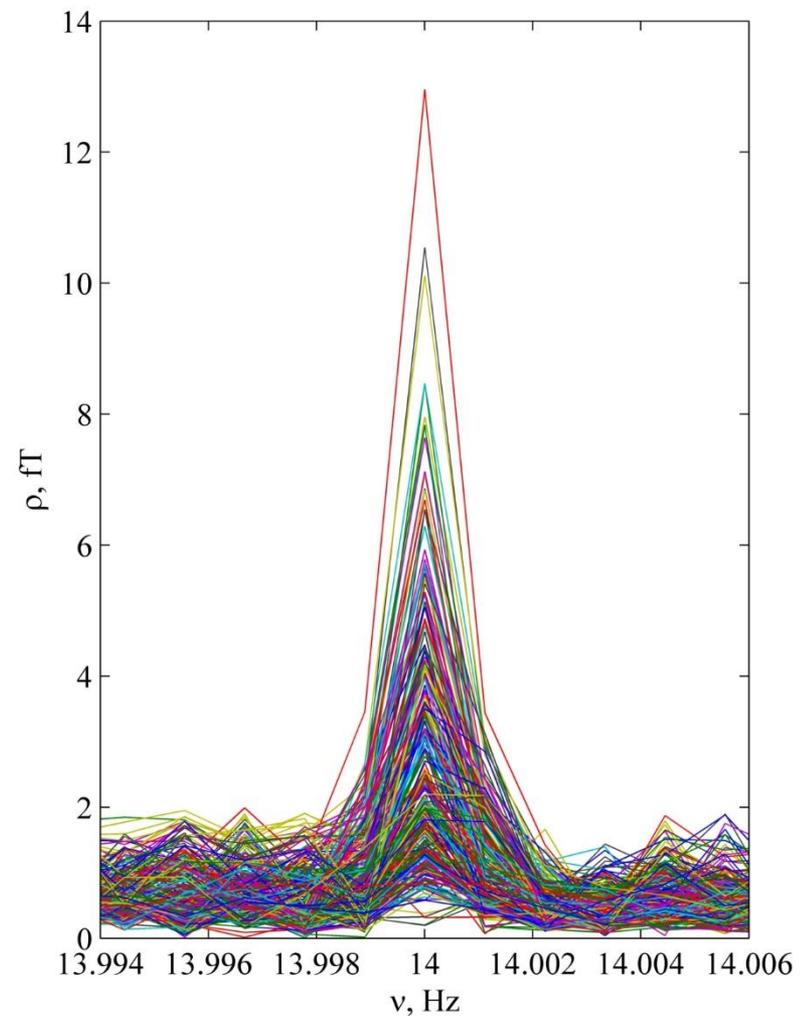
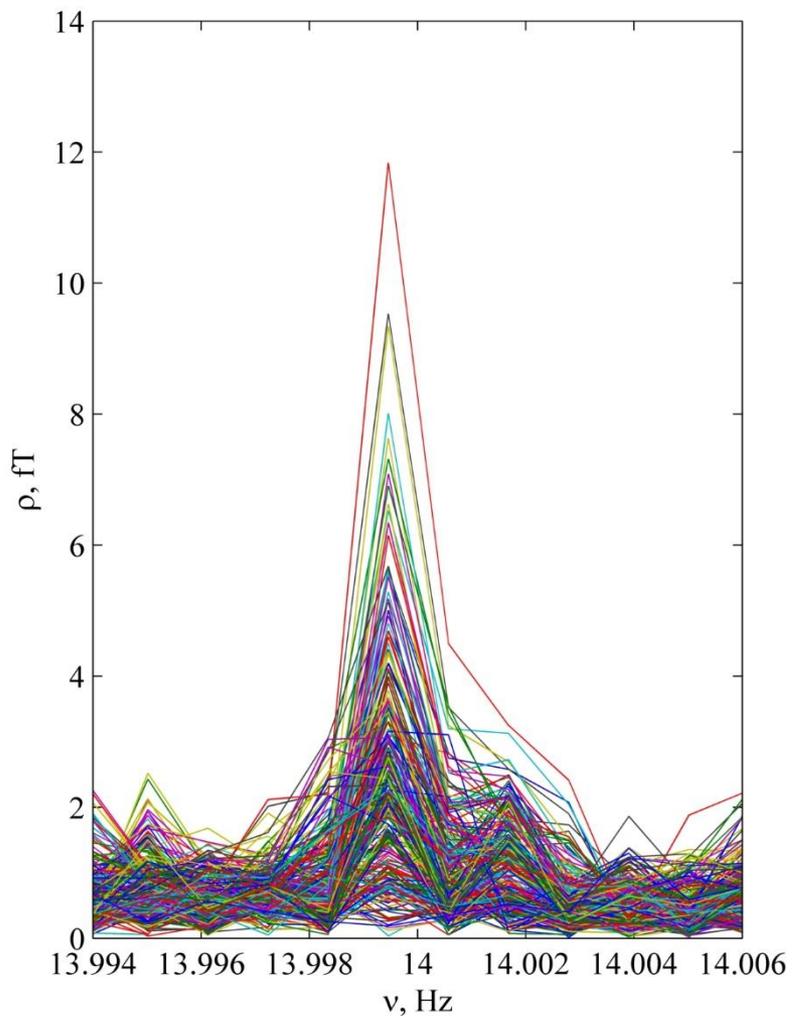


Спектр 275-канальной МЭГ

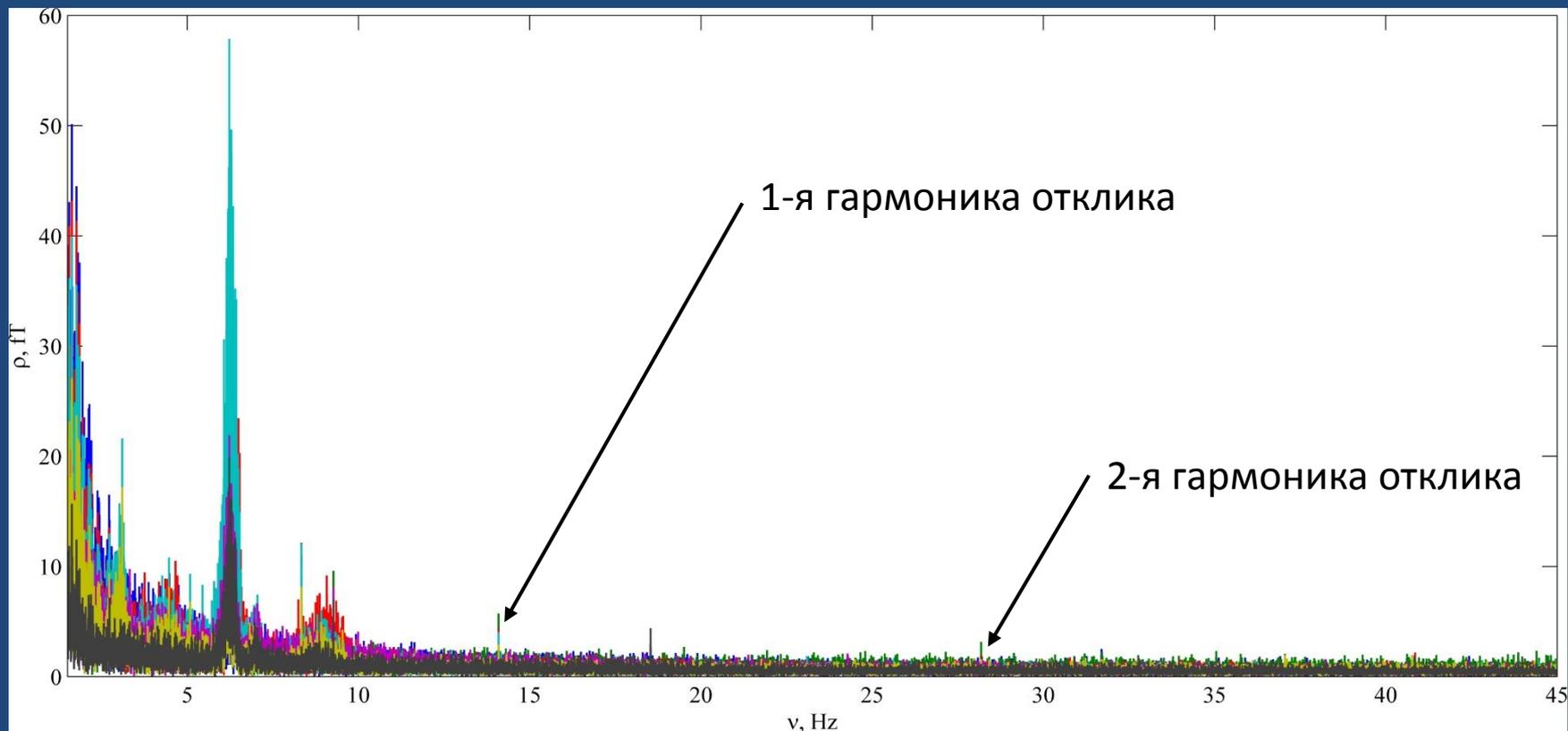


Энергия 2 гармоник отклика составляет 0.08% от общей энергии спектра

Первая гармоника отклика до и после ОПТИМИЗАЦИИ

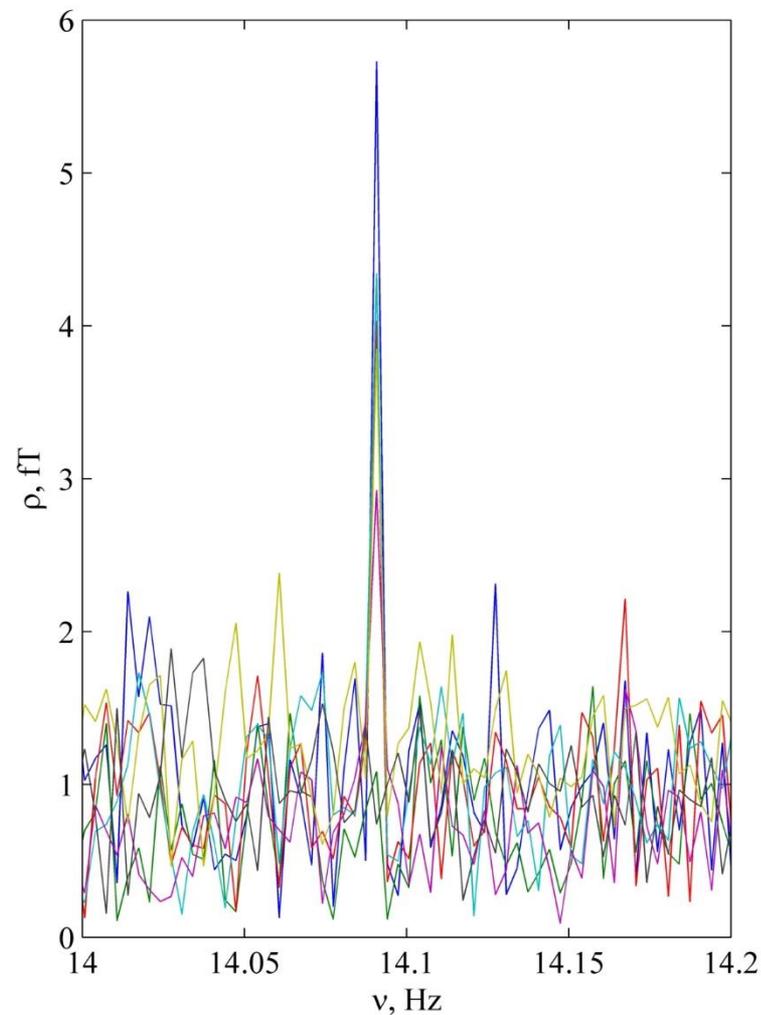
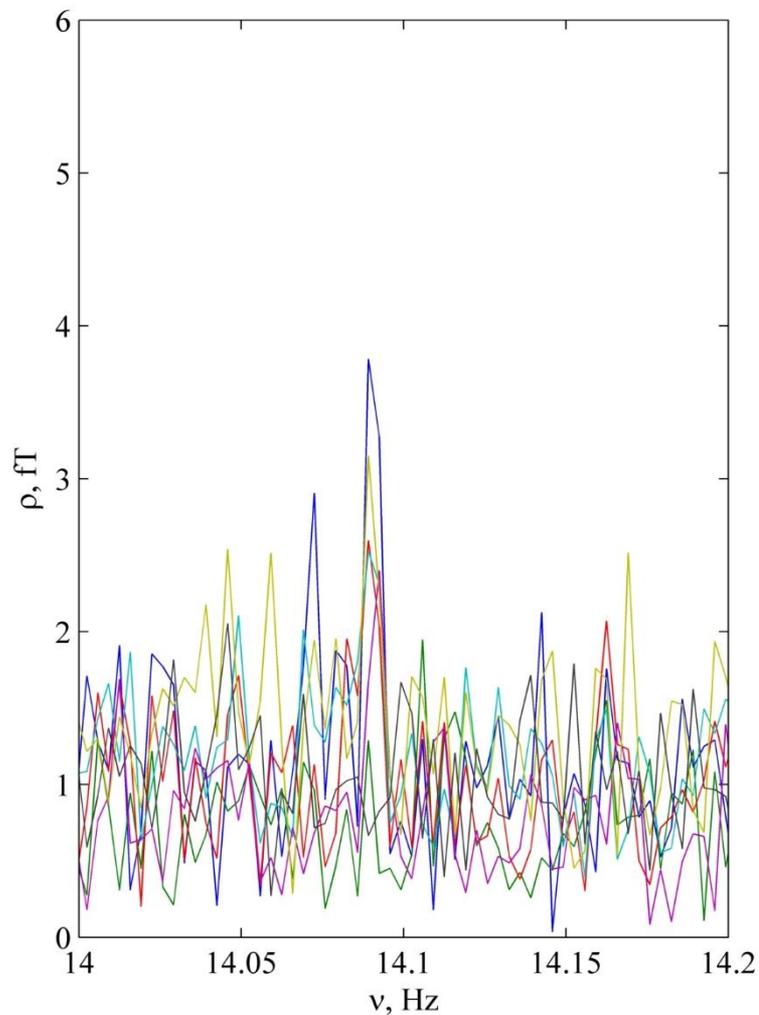


Спектр 7-канальной МЭГ

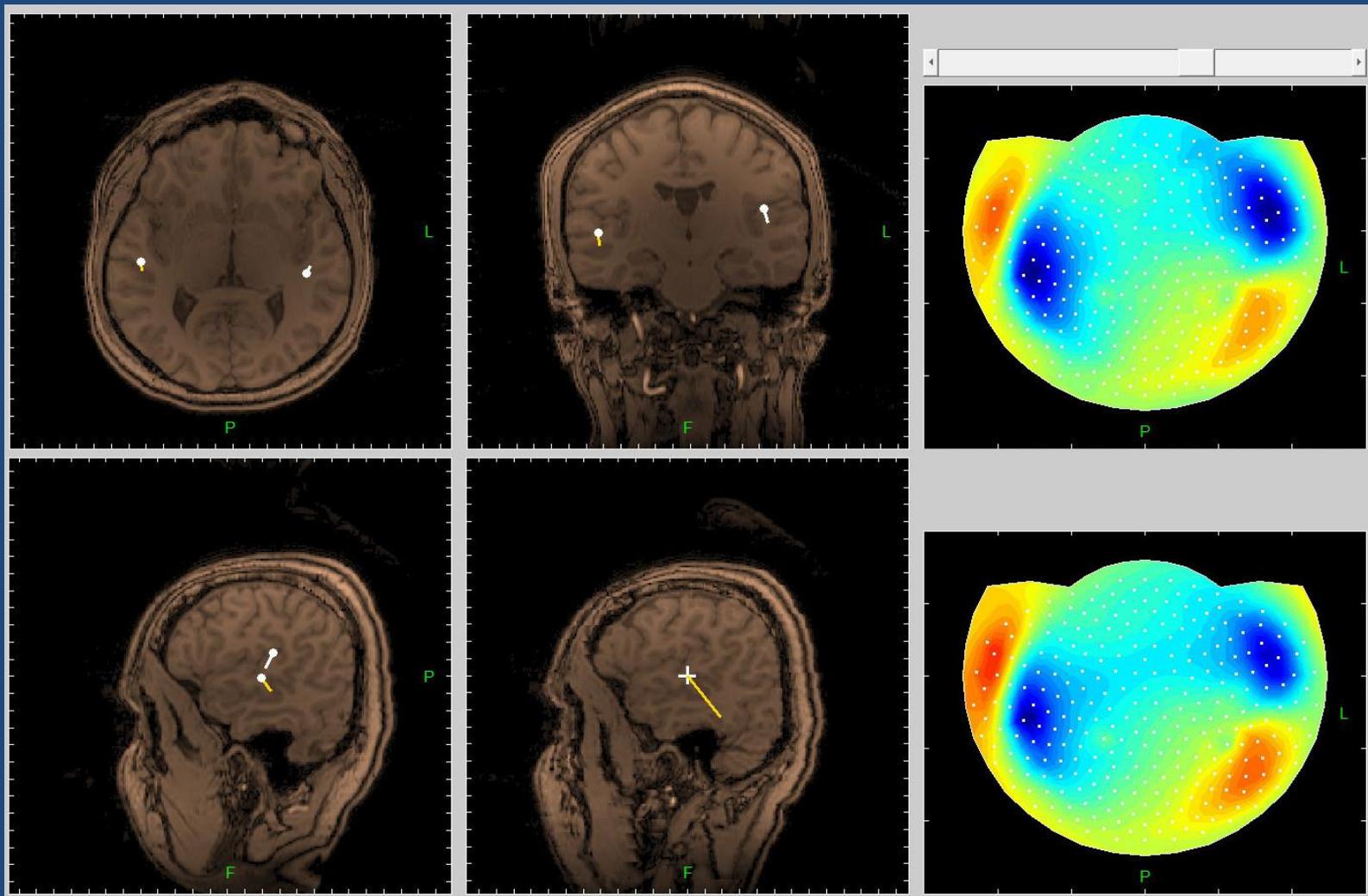


Энергия 2 гармоник отклика составляет 0.02% от общей энергии спектра

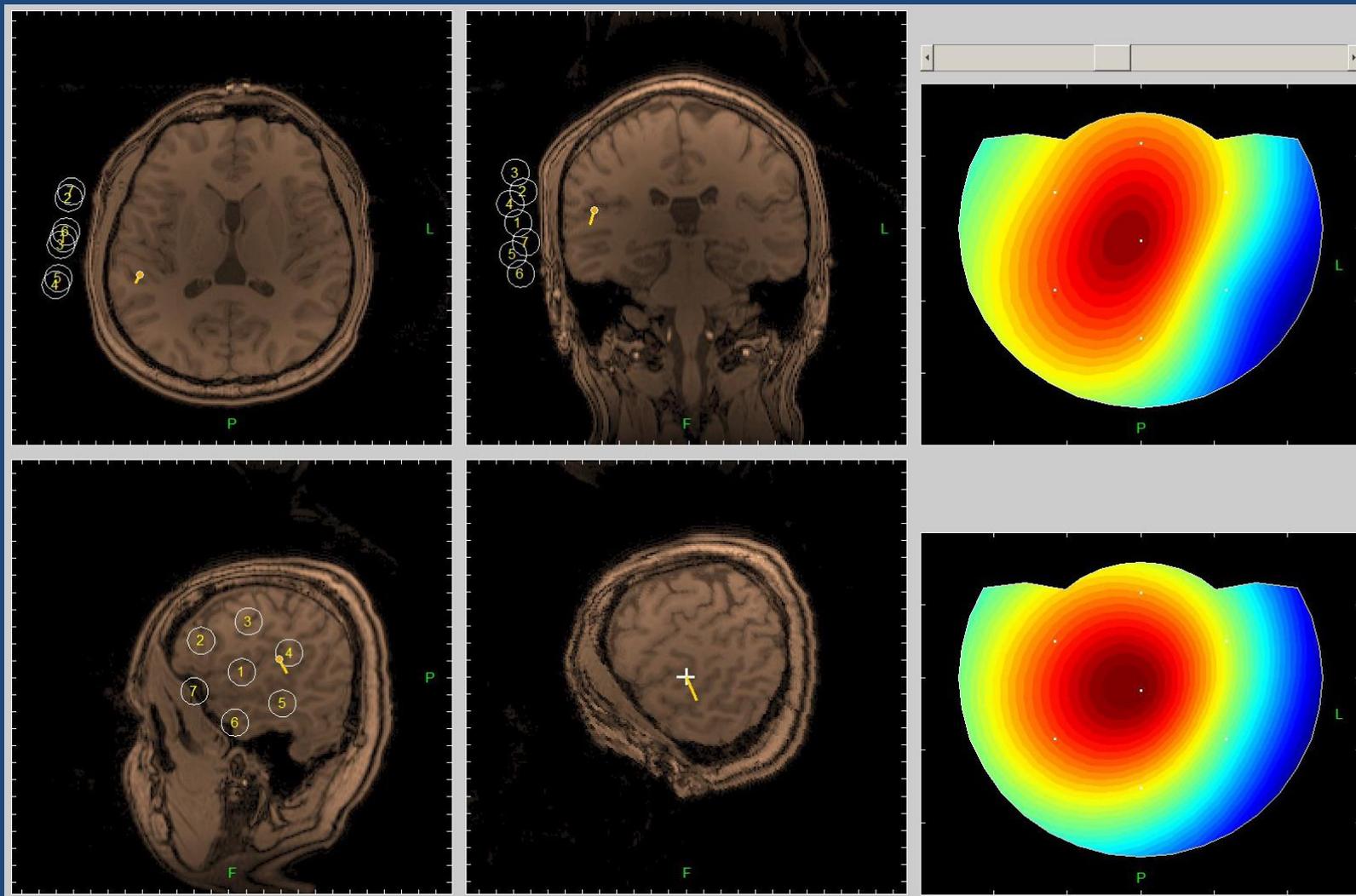
Первая гармоника отклика до и после ОПТИМИЗАЦИИ



Локализация второй гармоники отклика на 275-канальной МЭГ



Локализация второй гармоники отклика на 7-канальной МЭГ



Работа была частично поддержана Американским фондом гражданских исследований и развития (гранты CRDF RB1-2027 и RUB-7095-MO-13), Российским фондом фундаментальных исследований (проекты РФФИ 12-02-12010, 13-07-00162, 13-07-12183, 14-07-00636, 14-07-31309) и Программой фундаментальных исследований РАН 43П.