

Применение метода функциональной
томографии к экспериментальным данным
магнитной энцефалографии субъектов с
синдромом дефицита внимания и
гиперактивности

Панкратова Н.М., Рыкунов С.Д., Бойко А.И., Устинин М.Н.

Пушино,

ИМПБ РАН - филиал ИПМ им.М.В.Келдыша РАН

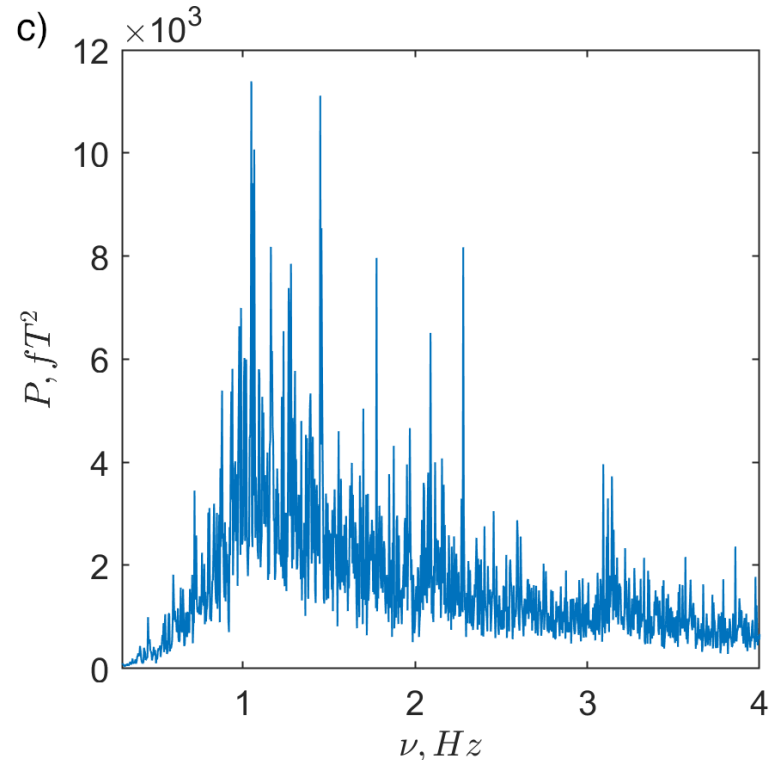
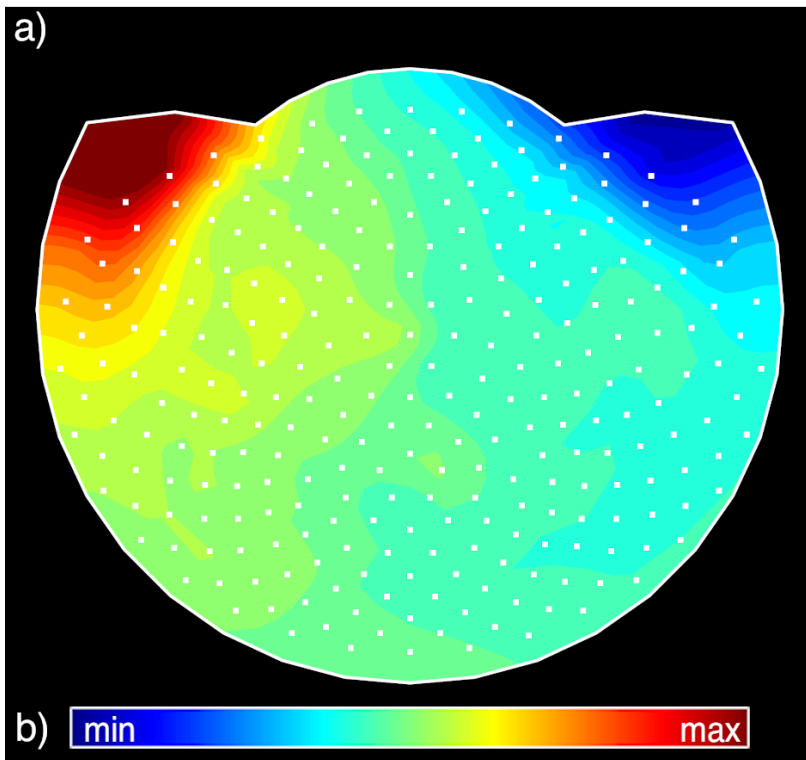
Синдром дефицита внимания и гиперактивности

СДВГ - гиперактивность, невнимательность, сложности в обучении и пр.

- Два набора экспериментальных данных, полученных из открытого МЭГ-архива OMEGA*.
- Измерения МЭГ производились в магнитно-экранированной комнате, с помощью 275-канального магнитного энцефалографа (CTF Systems), испытуемый сидел прямо, частота дискретизации составляла 2400 Гц.

*Open MEG Archive, <https://www.mcgill.ca/bic/resources/omega>

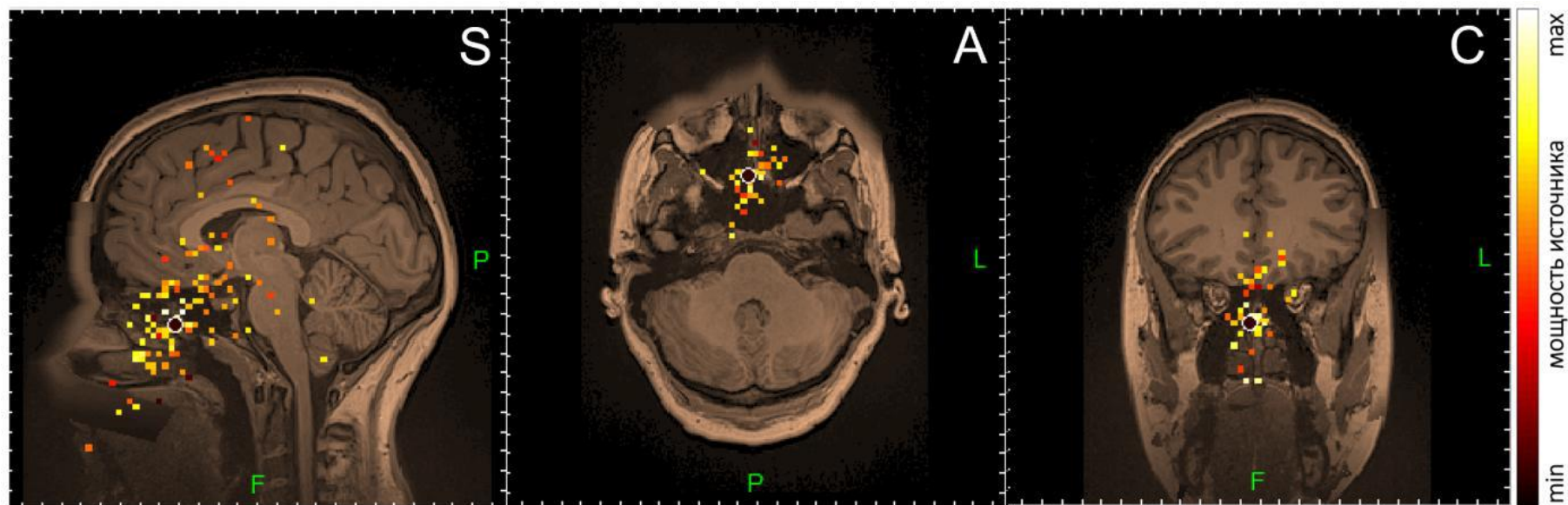
Амплитудные и спектральные характеристики МЭГ в полосе частот 0.3–4 Гц для испытуемого sub-0109



- a** – карта магнитного поля на частоте 1.1 Гц, соответствующей максимуму спектра.
- b** – легенда величины магнитного поля.
- c** – спектр мощности в полосе дельта ритма, суммарный по всем каналам.

Функциональная томограмма в полосе частот 0.3–4 Гц, показанная совместно с магнитно-резонансной томограммой испытуемого sub-0109.

Функциональная томограмма - трехмерная карта распределения спектральной мощности электрической активности головного мозга.



Мощность источников отображается цветом в соответствии с легендой (справа).

Представлены стандартные томографические сечения:
сагиттальное (S), аксиальное (A) и корональное (C).

ВЫВОД: МЭГ в полосе частот дельта ритма не имеет отношения к исследуемому в данной работе явлению и должна быть исключена из дальнейшего рассмотрения.

Пролонгированные исследования ЭЭГ при СДВГ

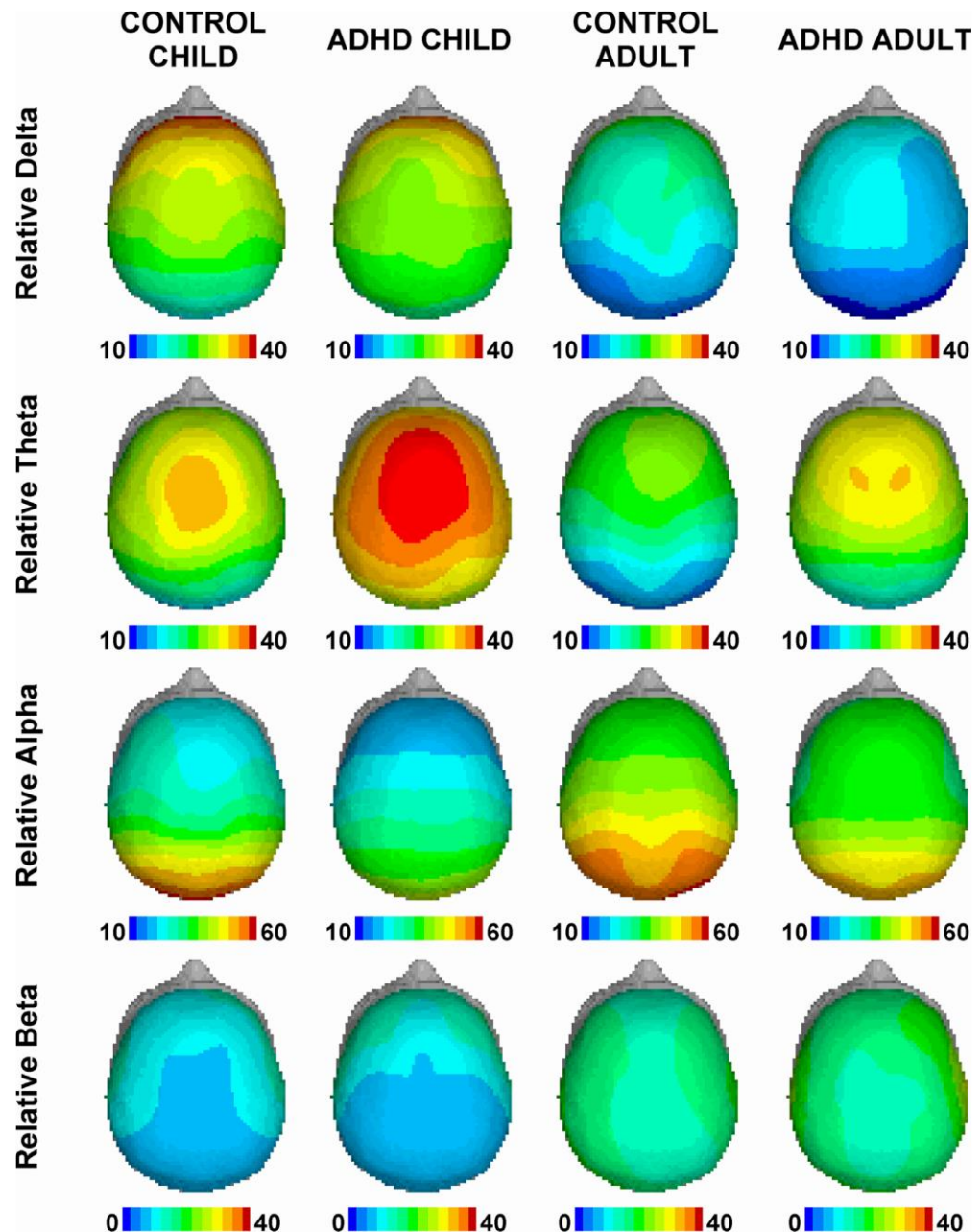
Тета ритм

В группе СДВГ тета активность значительно выше по всему скальпу по сравнению с контролем в обеих возрастных группах.

Альфа ритм

В группе СДВГ альфа ритм имеет большее снижение по сравнению с контролем.

Clarke A.R, Barry R.J, Johnstone S.J., McCarthy R., Selikowitz M. EEG development in Attention Deficit Hyperactivity Disorder: From child to adult. *Clinical Neurophysiology*. 2019. V. 130. P. 1256–1262.



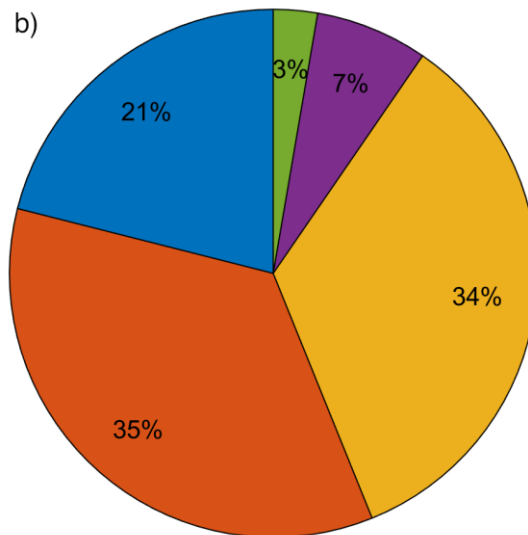
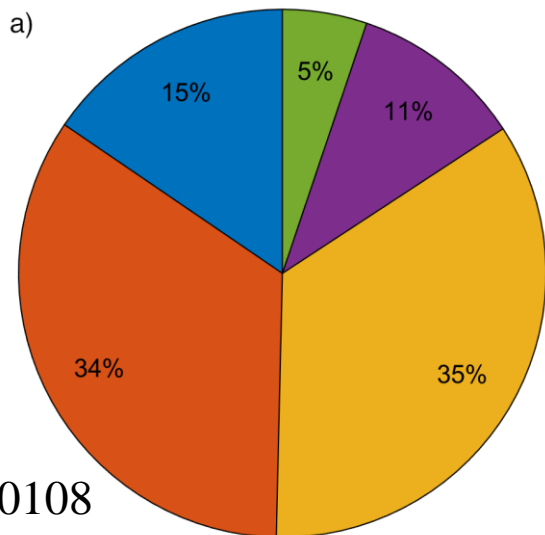
Общие спектральные свойства магнитных энцефалограмм

Изучалось соотношение между суммарными энергиями в диапазонах частот: тета – 4–8 Гц, альфа – 8–13 Гц, бета1 – 13–25 Гц, бета2 – 25–35 Гц, гамма – 35–50 Гц.

- Спектральная энергия в каждом диапазоне рассчитывалась суммированием квадратов Фурье-амплитуд частотных компонент, попадающих в этот диапазон. Далее вычислялась суммарная энергия, и определялась доля каждого диапазона в процентах.
- Электрическая энергия в каждом диапазоне рассчитывалась суммированием квадратов амплитуд токовых диполей частотных компонент, попадающих в этот диапазон. Далее вычислялась суммарная энергия, и определялась доля каждого диапазона в процентах.

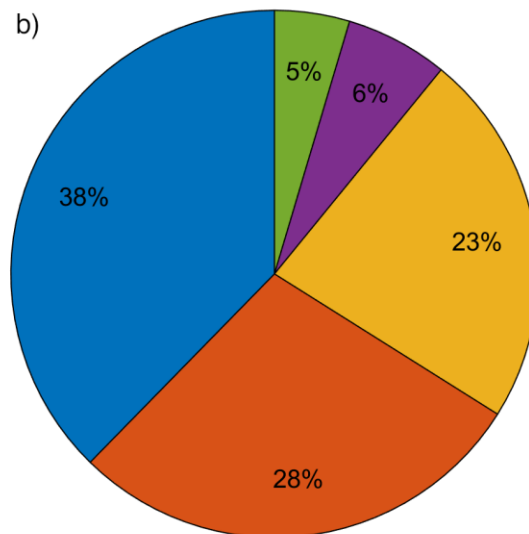
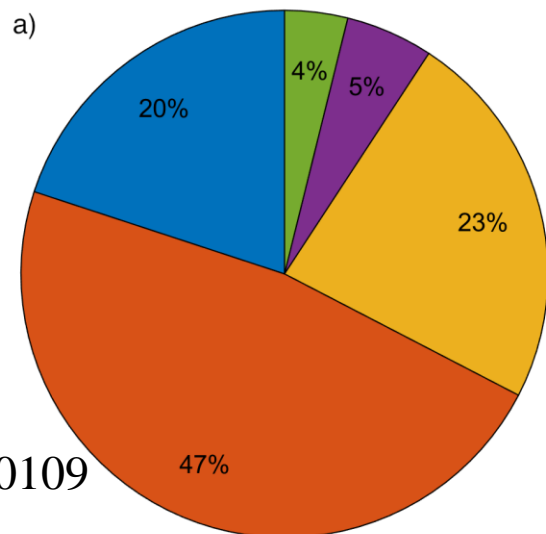
Относительная доля различных диапазонов частот в магнитной энцефалограмме

а) доли спектральных мощностей; б) доли электрических мощностей.



sub-0108: относительные доли различных диапазонов примерно равны, особенно это справедливо для наиболее мощных ритмов альфа и бета 1.

θ α β_1 β_2 γ



sub-0109: большое различие в соотношении между энергиями тета и альфа. Велика мощность тета ритма, что является одним из предполагаемых маркеров СДВГ.

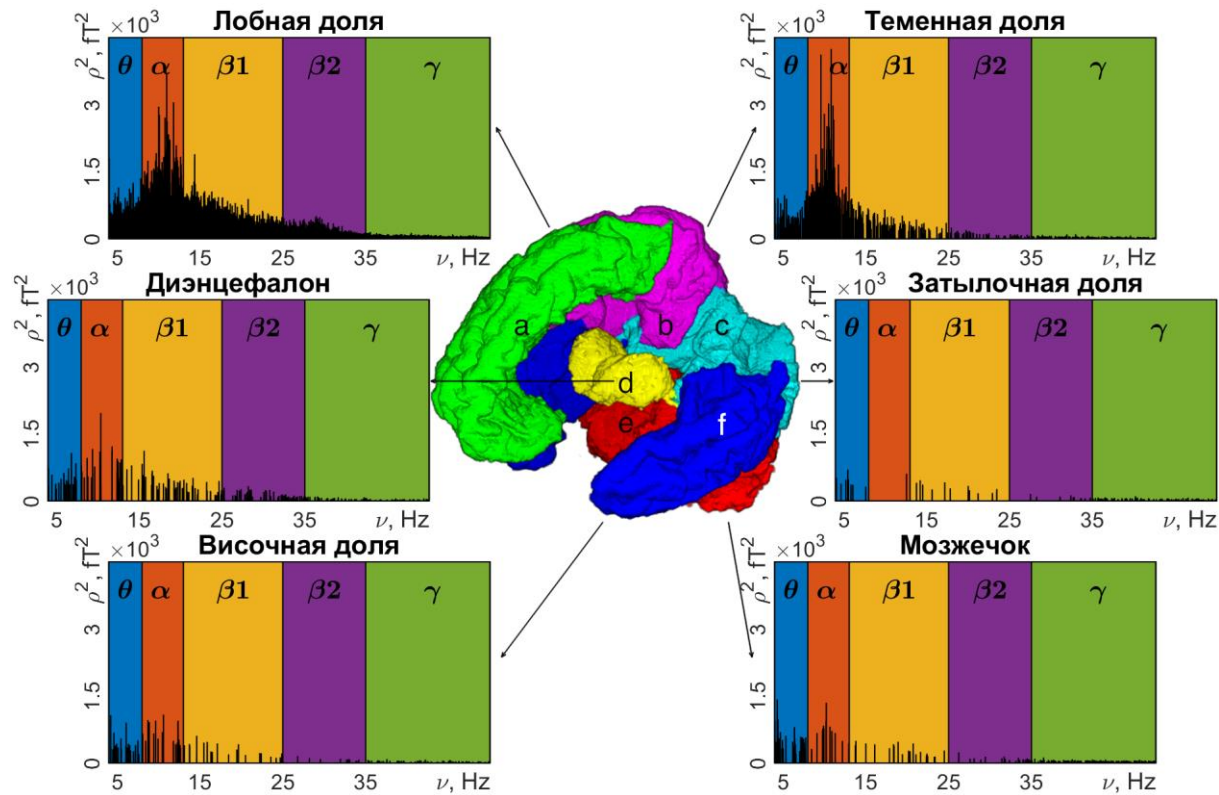
θ α β_1 β_2 γ

sub-0108

sub-0109

Парциальные спектры основных отделов мозга в полосе частот 4–50 Гц для sub-0108

Парциальный спектр – набор частот и коэффициентов преобразования Фурье, принадлежащих источникам, расположенным в заданной области пространства.



Показаны доли мозга, выделенные по данным МРТ:

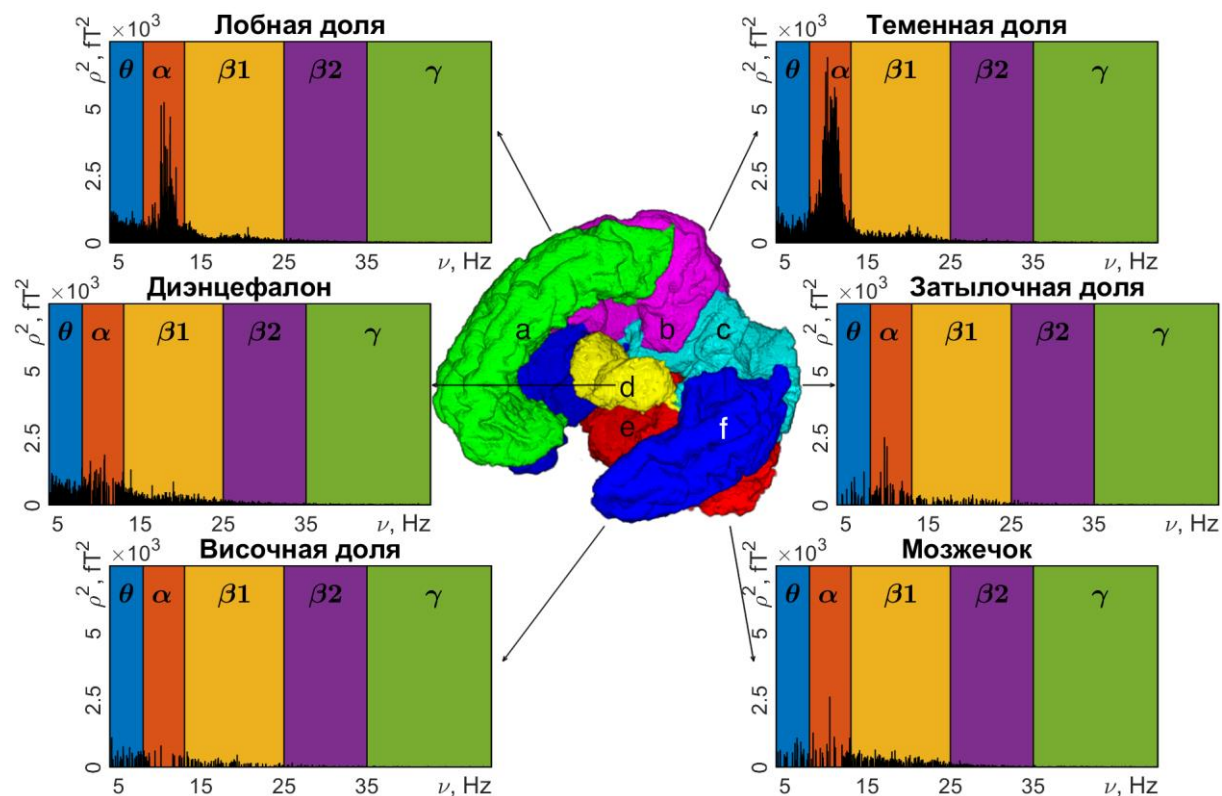
a) лобная, **b)** теменная, **c)** затылочная, **d)** промежуточный мозг, **e)** мозжечок, **f)** височная доля.

Распределения спектральных мощностей по полосам частот и разделам головного мозга для испытуемого sub-0108 в % (всего 42,5 % от общей активности)

Раздел мозга	Полоса частот				
	Тэта	альфа	Бета 1	Бета 2	Гамма
Левое полушарие, лобная доля	1.46	2.98	6.03	2.04	0.81
Правое полушарие, лобная доля	2.07	5.76	6.40	2.53	0.83
Левое полушарие, височная доля	0.07	0.04	0.07	0.01	0.05
Правое полушарие, височная доля	0.14	0.22	0.06	0.01	0.03
Левое полушарие, затылочная доля	0.02	0.00	0.01	0.02	0.09
Правое полушарие, затылочная доля	0.06	0.01	0.06	0.00	0.02
Левое полушарие, теменная доля	0.31	0.97	0.38	0.05	0.10
Правое полушарие, теменная доля	0.49	3.66	0.71	0.05	0.08
Мозжечок	0.40	0.22	0.14	0.05	0.22
Промежуточный мозг (диэнцефалон)	0.25	0.41	0.49	0.17	0.09

- Локализация тета-ритма в лобных долях обоих полушарий (больше справа), тогда как локализация источников тета-активности в норме определяется в затылочной коре и височной зоне.
- Заметно усиление спектральной мощности альфа ритма в лобных долях обоих полушарий, но больше справа. Альфа-ритм в норме генерируется в затылочной и теменной части мозга.

Парциальные спектры основных отделов мозга в полосе частот 4–50 Гц для sub-0109



Показаны доли мозга, выделенные по данным МРТ:

a) лобная, **b)** теменная, **c)** затылочная, **d)** промежуточный мозг, **e)** мозжечок, **f)** височная доля.

Распределения спектральных мощностей по полосам частот и разделам головного мозга для испытуемого sub-0109 в % (всего 58 % от общей активности)

Раздел мозга	Полоса частот				
	Тэта	альфа	Бета 1	Бета 2	Гамма
Левое полушарие, лобная доля	1.96	1.69	1.40	0.56	0.55
Правое полушарие, лобная доля	2.62	3.42	1.57	0.81	0.62
Левое полушарие, височная доля	0.15	0.11	0.18	0.05	0.05
Правое полушарие, височная доля	0.20	0.10	0.20	0.04	0.05
Левое полушарие, затылочная доля	0.01	0.17	0.13	0.03	0.07
Правое полушарие, затылочная доля	0.26	0.62	0.30	0.08	0.04
Левое полушарие, теменная доля	0.89	6.83	1.12	0.23	0.24
Правое полушарие, теменная доля	1.58	17.21	2.48	0.42	0.26
Мозжечок	0.37	0.55	1.28	0.26	0.16
Промежуточный мозг (диэнцефалон)	2.03	1.52	2.06	0.59	0.37

Таким образом, значительная асимметрия, с увеличением спектральной мощности справа, присутствует в тета, альфа и бета диапазонах частот.

Заключение

- Применение метода функциональной томографии к анализу данных субъектов с синдромом дефицита внимания и гиперактивности позволило выявить и исключить из рассмотрения сердечно-сосудистые артефакты в полосе частот дельта ритма.
- Рассмотрены относительные доли различных диапазонов спектральной и электрической мощности МЭГ, предложено использовать электрическую мощность как более точную характеристику индивидуального мозга.
- Выявлены особенности пространственного распределения различных ритмов мозга субъектов с СДВГ, рассчитана доля сигнала, производимого мозгом, в общей мощности энцефалограммы.

Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ.