

***ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ НАГРУЗКА, СВЯЗАННАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА МЛАДШИМИ ШКОЛЬНИКАМИ, И ЕЕ ВЛИЯНИЕ  
НА ИХ САМОЧУВСТВИЕ И БИОЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ МОЗГА***

*Вятлева О.А., Курганский А.М.*

НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков  
ФГАУ "НМИЦ здоровья детей" МЗ РФ, Москва, Россия  
[olgavyat@mail.ru](mailto:olgavyat@mail.ru)

Отсутствие данных об электромагнитной нагрузке (ЭМН), связанной с использованием мобильного телефона (МТ), и об ее влиянии на здоровье и биоэлектрическую активность мозга детей моложе 10 лет определило актуальность, новизну и цель настоящего исследования. В одномоментном исследовании 125 детей 8,57±0,75 лет, использующих МТ 1,61±0,94 лет, с помощью анализа данных, полученных при измерении плотности потока энергии их МТ, была разработана формула для расчета ЭМН, определены значения ЭМН и ее статистические параметры. Корреляционный анализ и межгрупповое сравнение детей с нормальным неврологическим анамнезом по частоте жалоб на здоровье (80 человек) и спектральным параметрам электроэнцефалограммы (ЭЭГ) покоя (62 человека) в зависимости от ЭМН показали, что увеличение ЭМН связано с увеличением частоты головокружений и повышением абсолютной мощности бета2-диапазона в ЭЭГ лобно-центральной зоны преимущественно правого полушария. Риск головокружения возрастает при ЭМН >13,05 мДж/см<sup>2</sup> (OR=5,25; CI 95% 1,33-10,05). Выявлены особенности изменения ЭЭГ в зависимости от уровня ЭМН: усиление бета2- и альфа-волн при среднем уровне (от 1,13 до 46,3 мДж/см<sup>2</sup>) и локальное правополушарное усиление бета2-волн при высоком (>46,3 мДж/см<sup>2</sup>), которые по-видимому, отражают разную степень адаптации мозга к хроническому воздействию излучения МТ.

**Ключевые слова:** дети, мобильные телефоны, здоровье, ЭЭГ

***ELECTROMAGNETIC LOAD ASSOCIATED WITH THE MOBILE PHONE USE  
IN YOUNGER STUDENTS, AND ITS IMPACT ON THEIR WELL-BEING AND BRAIN  
BIOELECTRIC ACTIVITY***

*Vyatleva O.A., Kurgansky A.M.*

Research Institute of Hygiene and Health Protection of Children and Adolescents  
National Medical Research Center for Children's Health of the Russian Federation Ministry of  
Health, Russia, Moscow  
[olgavyat@mail.ru](mailto:olgavyat@mail.ru)

The lack of data on the electromagnetic load (EML) associated with the use of mobile phone (MP) and its impact on the health and electroencephalogram (EEG) of children younger 10 have determined the relevance, novelty and the purpose of present study. In a cross-sectional study of 125 children 8.57 ± 0.75 years old, which had used MP for 1.61±0.94 years, with the help of analysis of measuring data of their MPs energy flux density a formula was developed for calculating EML, and the values of EML and its statistical parameters were determined.

Correlation analysis and intergroup comparison of children with normal neurological history by the frequency of health symptoms (80 people) and by spectral parameters of resting EEG (62 people) depending on EML showed, that an enlargement in EML is associated with an increase of dizziness rate, as well as with a rise in the absolute power of the beta2-range in the EEG of the frontal-central area of the predominantly right hemisphere. The risk of dizziness appearance is increased when  $EML > 13.05 \text{ mJ/cm}^2$  (OR=5.25; CI 95% 1.33-10.05). Peculiarities of EEG changes depending on the level of EML were revealed: beta2 and alpha waves amplification for middle level (from 1.13 to 46.3  $\text{mJ/cm}^2$ ) and local beta2-waves amplification in right hemisphere for high level ( $>46.3 \text{ mJ/cm}^2$ ), which seem to reflect the varying degrees of brain adaptation to the chronic impact of MP radiation.

**Key words:** children, mobile phones, health, EEG

**Актуальность.** Абсолютное большинство современных младших школьников постоянно пользуются мобильными телефонами (МТ), причем в силу морфофизиологических особенностей и высоких темпов развития физиологических систем дети этого возраста наиболее уязвимы для электромагнитного излучения (ЭМИ). По данным литературы частое и длительное использование МТ сопряжено у детей и подростков с нарастанием частоты жалоб на самочувствие, но из-за отсутствия дозиметрии результаты большинства работ трудно сопоставимы. Возможным решением проблемы сопоставимости данных может быть использование интегрального показателя воздействия ЭМИ - электромагнитной нагрузки (ЭМН), однако попытки оценить ЭМН единичны [1]. Одним из объективных методов оценки воздействия ЭМИ МТ на головной мозг служит электроэнцефалография (ЭЭГ). ЭЭГ-исследования при остром воздействии ЭМИ МТ у детей до 10 лет крайне малочисленны [2], а при хроническом воздействии – отсутствуют. Все это определило актуальность и новизну настоящего исследования.

**Цель исследования** состояла в разработке формулы и определении уровня ежедневной электромагнитной нагрузки, связанной с использованием МТ у младших школьников, а также в оценке ее влияния на их самочувствие и электроэнцефалограмму.

**Методы.** С помощью прибора ПЗ-33М у 125 детей ( $8,57 \pm 0,75$  лет) измерена плотность потока энергии (ППЭ) ЭМИ МТ, а также проведена выборочная видеорегистрация измерения ППЭ во время звонка. С помощью опроса детей и родителей определены режимы пользования МТ, данные неврологического анамнеза, а также частота жалоб на здоровье (головные боли, нарушения сна, головокружения, состояния утомления, тревоги, нарушения внимания и памяти, количество простудных заболеваний за год). Разработана формула для оценки ежедневной ЭМН, рассчитаны ее значения. У 80 детей с нормальным неврологическим анамнезом определена зависимость между уровнем ЭМН и показателями здоровья, выявлены уровни ЭМН, сопряженные с рисками для здоровья. У 62 детей из этих 80-ти определено соотношение ЭМН с показателями абсолютной мощности (АМ) дельта (1-3 Гц), тета (4-7 Гц), альфа (8-12 Гц), бета1 (13-20 Гц) и бета2 (21-30 Гц) диапазонов в 16 отведениях ЭЭГ покоя с закрытыми глазами, зарегистрированной на нейрокартографе «Нейро-КМ». Для анализа данных использована программа STATISTICA. Родители всех детей дали информированное согласие на проведение исследования.

**Результаты.** На основании анализа видеозаписей показаний прибора ПЗ-33М, а также измерения ППЭ 125 МТ были определены ключевые значения ППЭ для оценки ЭМН: максимальная ППЭ при начале дозвона до абонента (ППЭмакс) и средняя ППЭ (ППЭСр) во время дозвона и разговора. Входящие и исходящие звонки значимо не различались по ППЭмакс и ППЭСр. Для приблизительной оценки ежедневной ЭМН была разработана формула:

$$\text{ЭМН} = (\text{ППЭмакс} * \text{КР} * 1/60 + \text{ППЭСр} * \text{ДР} * \text{КР}) * 60/1000 \text{ (мДж/см}^2\text{)},$$

где КР – ежедневное количество разговоров, а ДР – длительность разговора в минутах.

Статистический анализ рассчитанных значений ЭМН показал, что этот параметр не имеет нормального распределения. ЭМН варьировала от 0 до 984,1 мДж/см<sup>2</sup> [Me=13,05; LQ=1,13, UQ=46,31]. По значениям нижнего и верхнего квартилей (LQ, UQ) статистического распределения ЭМН были сформированы группы сравнения: 1 гр. – дети с ЭМН<LQ; 2 гр. – дети с LQ<ЭМН<UQ; 3 гр. – дети с ЭМН>UQ. Общая длительность пользования МТ составила 1,61±0,94 лет.

Согласно данным корреляционного анализа увеличение ЭМН сопряжено у детей с повышением частоты головокружений ( $r$  0,34,  $p=0,003$ ). Доля детей с головокружениями значимо возрастала во 2 гр. по сравнению с 1 гр. (28 и 0%, соответственно,  $p=0,006$ ) и, особенно, в 3 гр. по сравнению с 1 гр. (40 и 0%,  $p=0,001$ ). Риск появления головокружений возрастал, когда ЭМН превышала значения Me (OR=5,25; CI 95% 1,33-10,05) и UQ (OR=3,48; CI 95% 1,16-5,36).

Корреляционный анализ выявил положительную связь между ЭМН и АМ бета2 диапазона ЭЭГ ( $r$  от 0,30 до 0,33;  $p \leq 0,047$ ) в лобно-центральной отделе, а также в переднелобной и нижнелобной зонах правого полушария (ППШ), со стороны которого используют МТ для разговоров большинство (72,6 %) детей. В сравнении с 1 гр. во 2 гр. бета2-волны были усилены диффузно (не только в передних, но и в задних зонах) с преобладанием в ППШ ( $p \leq 0,042$ ), а в 3 гр. – более локально: только в лобно-центральной зоне ППШ ( $p \leq 0,028$ ). Кроме того, во 2 гр. по сравнению с 1 гр. была повышена АМ альфа-волн в лобно-центрально-теменном отделе ( $p \leq 0,049$ ).

**Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют, что увеличение ЭМН сопряжено с риском появления головокружений и усилением активации и раздражения коры (усиление бета2-волн). Особенности ЭЭГ, связанные с разными уровнями ЭМН, а именно: признаки активации диэнцефальных структур (усиление альфа-волн) при средней ЭМН и локальное раздражение передних зон коры правого полушария при высокой ЭМН, по-видимому, отражают разную степень адаптации мозга к хроническому воздействию ЭМИ. Подобное усиление активности диэнцефальных структур отмечено в ЭЭГ взрослых в начальный период использования МТ [3], а также у ликвидаторов аварии на ЧАЭС с легкими проявлениями радиационно-обусловленного психоорганического процесса [4].

### **Использованная литература**

1. Foerster M., Thielens A., Joseph W., Eeftens M. and Rössli M. Prospective Cohort Study of Adolescents' Memory Performance and Individual Brain Dose of Microwave Radiation from Wireless Communication. Environmental Health Perspectives 2018. 126 (7): 077007-1 – 077007-13/ <https://doi.org/10.1289/EHP2427>

**Доклад на Всероссийской конференции  
«Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений»  
12-13 ноября 2019 года, Москва, [www.bioemf.ru](http://www.bioemf.ru)**

2. Вятлева О.А., Текшева Л.М., Курганский А.М. Физиолого-гигиеническая оценка влияния мобильных телефонов различной интенсивности излучения на функциональное состояние головного мозга детей и подростков методом энцефалографии. Гигиена и санитария. 2016. 95 (10): 965-968.

3. Бецкий О.В., Лебедева Н.Н., Котровская Т.И. Динамика ЭЭГ-реакций человека при воздействии электромагнитного поля мобильного телефона в начальный период его использования //Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2004. 8-9: 4-10.

4. Вятлева О.А., Катаргина Т.А., Пучинская Л.М., Юркин М.М. Электрофизиологическая характеристика функционального состояния мозга при психических расстройствах у участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Журн. Неврол. и психиатр. 1996. 3: 41-46.



Электромагнитная  
нагрузка, связанная с  
использованием  
мобильного телефона  
младшими школьниками,  
и её влияние на их  
самочувствие и  
биоэлектрическую  
активность мозга

О.А. Вятлева, А.М. Курганский

НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков  
ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» МЗ РФ  
Москва, Россия

# Исследования, посвященные влиянию мобильной связи на самочувствие детей и подростков

## Влияние режима

Thomas S. et al., 2010  
Abramson M. et al., 2009  
Mortazavi S. M. J. et al., 2011;  
Sudan M. et al., 2012  
Oshima N. et al., 2012  
Григорьев Ю.Г., Хорсева Н.И., 2014  
Текшева Л.М. и др., 2014  
Golmohammadi R. et al., 2014  
Ikeda K., Nakamura K., 2014  
Huss A et al., 2015  
Schoeni A., et.al., 2015;  
Zheng F. et al., 2015  
Chiu, C. T. et al., 2015  
Redmayne M. et al., 2016  
Roser K. et al., 2016  
Bhatt C.R. et al., 2017  
Durusoy R. et al., 2017  
Ferdous J. , 2017  
Wang J. et al., 2017  
Вятлева О.А., Курганский А.М., 2017, 2018

## Влияние уровня излучения

Thomas S. et al., 2010 (ЭМП)  
Redmayne et al., 2013 (ЭМП)  
Guxens M et al., 2016 (ЭМП)  
Durusoy R. et al., 2017 (SAR)  
Foerster M. et al., 2018 (SAR)  
Вятлева О.А., Курганский А.М., 2018 (ППЭ)

## Влияние нагрузки

Foerster M. et al., 2018 (SAR)

- ✓ Нарушения сна
- ✓ Головные боли
- ✓ Утомляемость
- ✓ Психоэмоциональные нарушения
- ✓ Нарушения когнитивных функций
- ✓ Простудные заболевания



**Цель исследования:** оценить электромагнитную нагрузку (ЭМН), связанную с использованием мобильного телефона (МТ) младшими школьниками и ее влияние на их самочувствие и биоэлектрическую активность мозга.

### *Задачи.*

1. Разработать формулу расчета ежедневной ЭМН;
2. Определить индивидуальные параметры ЭМН у младших школьников;
3. Оценить влияние ЭМН на самочувствие и электроэнцефалограмму (ЭЭГ) младших школьников.

**Контингент:** 125 московских школьников 2-4-х классов 2017-2018 годов обучения (средний возраст  $8,57 \pm 0,75$  лет), использующих МТ  $1,61 \pm 0,94$  год.

**Методы:** Одномоментное эпидемиологическое исследование.

- Измерение плотности потока энергии МТ с помощью прибора ПЗ-33.
- Анкетирование для оценки режимов использования МТ, частоты жалоб на здоровье, данных неврологического анамнеза.
- Регистрация ЭЭГ покоя с закрытыми глазами и ее спектральный анализ с помощью аппаратно-программного комплекса «Нейро-КМ» (Россия).

# Исследованные параметры

## ПАРАМЕТРЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

- 1. Количество разговоров в день – **КР**
- 2. Средняя длительность одного разговора (мин) – **ДР**
- Суммарная усредненная длительность разговоров в день (мин) – **ОДР**
- Длительность пользования (**ДП**)
- Плотность потока энергии МТ - **ППЭ**

## СИМПТОМЫ НАРУШЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ

- Количество простудных заболеваний с высокой температурой за год
- Головные боли
- Головокружения
- Трудности засыпания
- Недостаток сна
- Утомление
- Тревога
- Сниженное настроение
- Ослабление внимания
- Трудности воспроизведения из памяти
- Неврологические нарушения в анамнезе

## ЭЭГ

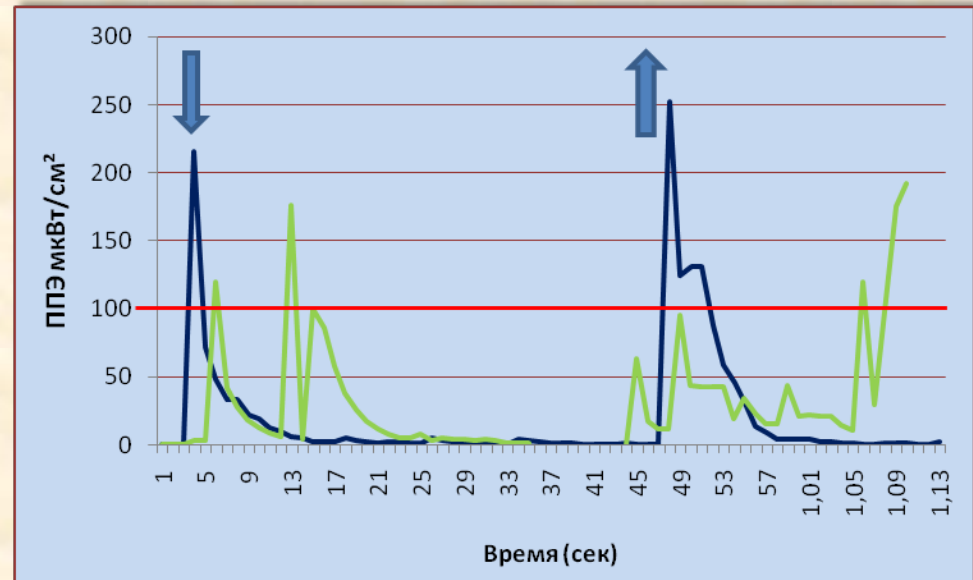
- Абсолютная мощность ЭЭГ в диапазонах
- дельта (1-3 Гц),
  - тета (4-7 Гц),
  - альфа (8-12 Гц),
  - бета1 (13-20 Гц)
  - бета2 (21-30 Гц) в 19 отведениях по системе 10-20%



# Динамика уровня излучения мобильного телефона во время разговора по нему.

## Формула ежедневной электромагнитной нагрузки.

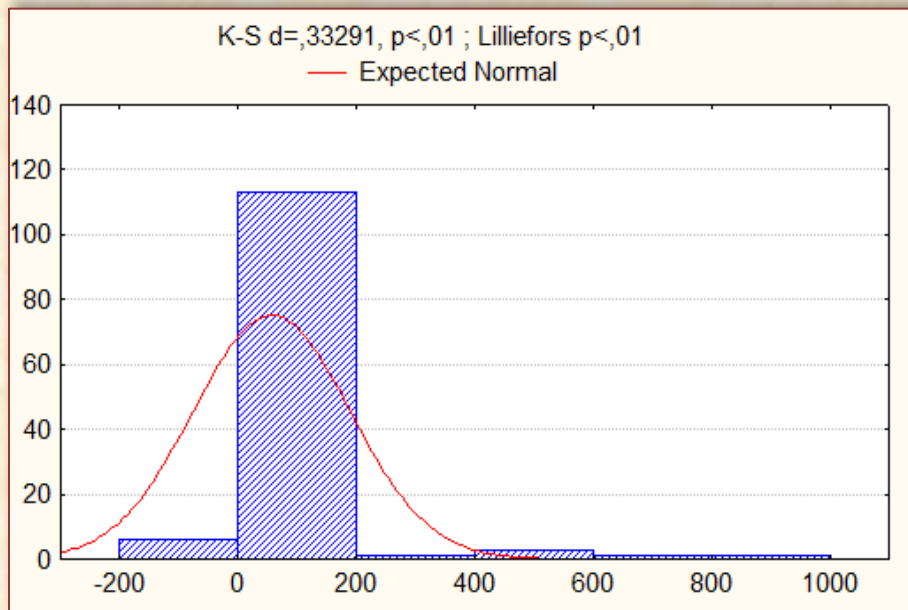
	Исходящий звонок		Входящий звонок	
	ППЭ макс	ППЭ ср	ППЭ макс	ППЭ ср
N	114	109	121	120
M	83,7	26,3	83,4	35,6
SD	92	40	92,0	53,0
SE	8,6	3,8	8,4	4,9
Me	48,6	3,2	41,0	6,1
Min	0	0	0	0
Max	305	171	299	250
LQ	3,2	0,3	2,4	0,3
UQ	145	42,3	156	52,6



$$\text{ЭМН} = (\text{ППЭ}_{\text{макс}} * \text{КР} * 1/60 + \text{ППЭ}_{\text{ср}} * \text{ДР} * \text{КР}) * 60/1000 \text{ (мДж/см}^2\text{)},$$

где:  
 ППЭ<sub>макс.</sub> – максимальное значение ППЭ в мкВт/см<sup>2</sup> при начале дозвона на МТ;  
 ППЭ<sub>ср.</sub> – среднее значение ППЭ в мкВт/см<sup>2</sup> во время дозвона и разговора с абонентом при входящем звонке;  
 КР – ежедневное количество разговоров;  
 ДР – длительность разговора в минутах

# Уровень ежедневной электромагнитной нагрузки у современных младших школьников



Группа	Уровень ЭМН мДж/ см²	Объем группы (человек)	
		Само- чувствие	ЭЭГ
1 (НН)	<1,13	23	18
2 (СН)	1,13-46,3	32	27
3 (ВН)	>46,3	18	16

мДж/см²

мкВт\*час /см²

Valid N=125  
Mean= 57,331373  
Median= 13,050000  
Minimum= 0,000000  
Maximum=984,096000  
Lower Quartile= 1,128000  
Upper Quartile= 46,314000  
Std.Dev.=132,742852

Valid N=125  
Mean=15,92  
Median=3,62  
Minimum=0,000  
**Maximum=273,36**  
Lower Quartile=0,313  
Upper Quartile=12,86  
Std.Dev.=36,87

ПДУ ЭМН диапазона частот 300-300000 МГц на рабочих местах персонала – **200 мкВт\*час/см²**.

[СанПиН 2.1.8./2.2.4.1383-03].

## Корреляции показателей самочувствия с параметрами пользования мобильным телефоном у современных младших школьников

	ППЭм	ЭМН	КР	ДР	ОДР	ДП	Возраст
Простуды							
Трудности засыпания			-0,26 (0,02)			-0,34 (0,001)	
Недостаток сна						-0,24 (0,04)	
Головные боли			0,24 (0,04)		0,26 (0,02)		0,27 (0,02)
Головокружения	0,24 (0,04)	<b>0,34</b> <b>(0,003)</b>					
Утомление							
Тревога				0,22 (0,046)			0,27 (0,02)
Сниженное настроение							
Нарушения внимания						-0,29 (0,01)	
Нарушения памяти						-0,25 (0,03)	

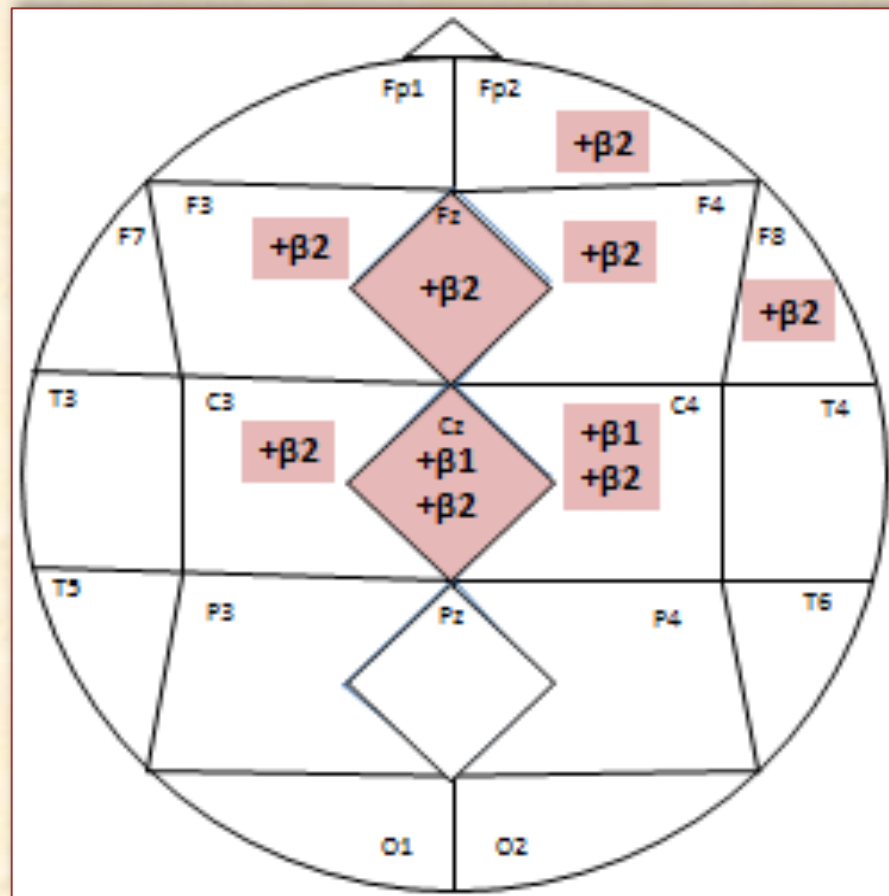
# Зависимость самочувствия младших школьников от уровня ежедневной электромагнитной нагрузки



	Режим пользования	Симптом	OR	CI 95%	RR	EF (%)
ЭМН (мДж/см²)	>13,0	головокружения	5,25	1,33-10,05	3,66	73
	>46,31		3,48	1,16-5,36	2,49	69

## Корреляции между спектральными показателями ЭЭГ и уровнем ежедневной электромагнитной нагрузки у младших школьников

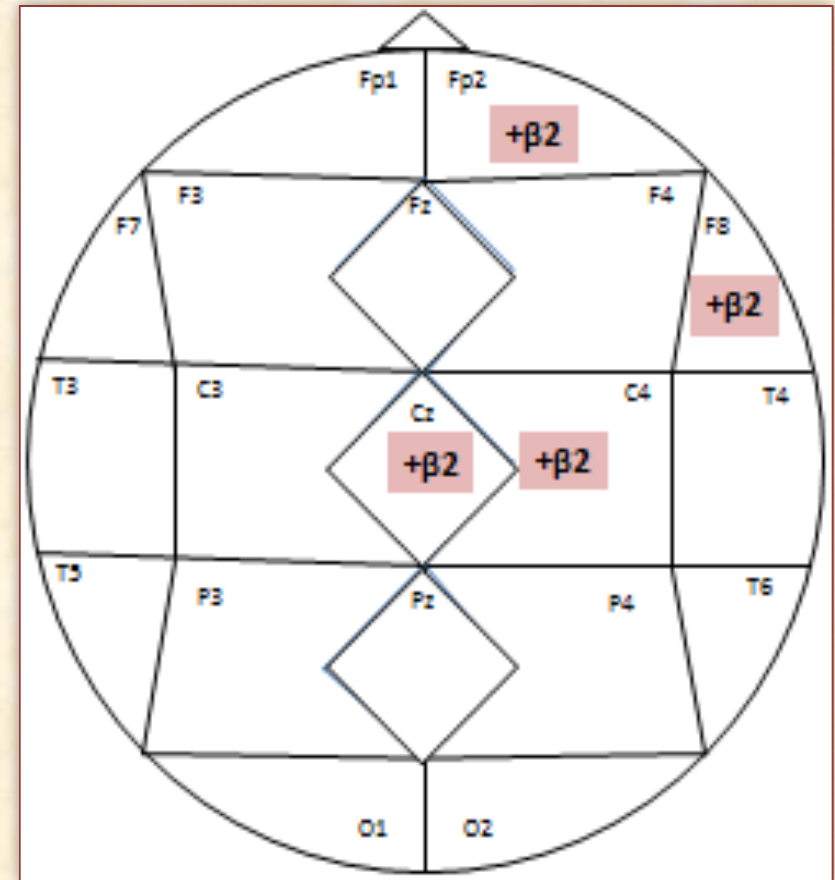
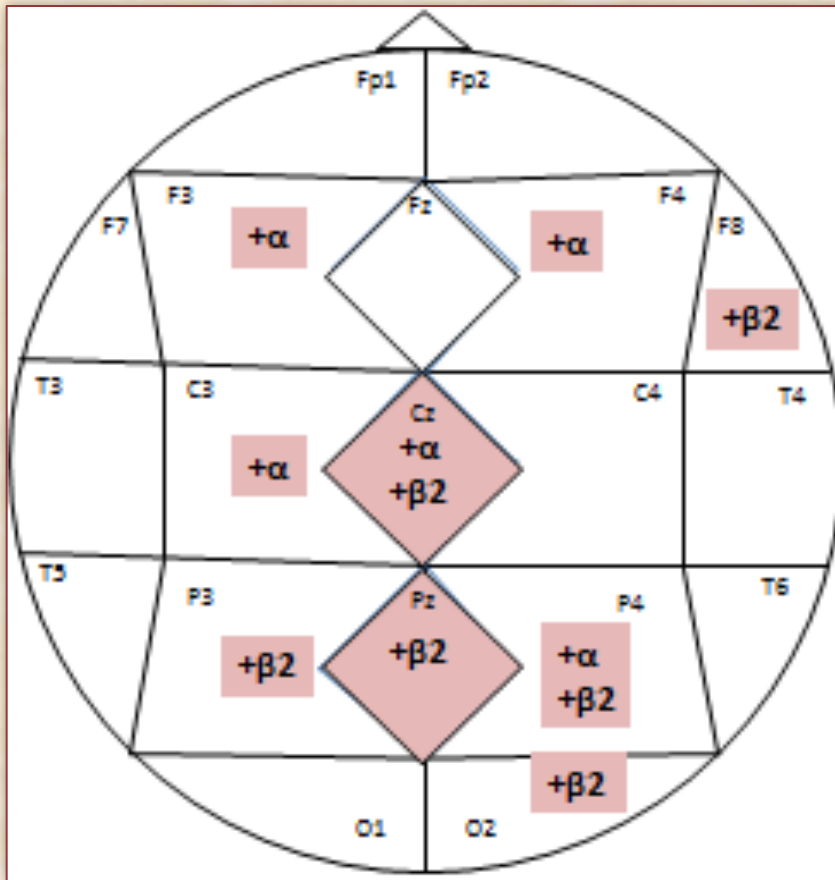
Зона коры	Диапазон	ЭМН
Fp2	$\beta 2$	0,28 (0,047)
F3	$\beta 2$	0,30 (0,024)
F4	$\beta 2$	0,27 (0,047)
Fz	$\beta 2$	0,30 (0,027)
F8	$\beta 2$	0,32 (0,019)
C3	$\beta 2$	0,33 (0,011)
C4	$\beta 1$	0,30 (0,024)
	$\beta 2$	0,32 (0,015)
Cz	$\beta 1$	0,29 (0,03)
	$\beta 2$	0,28 (0,035)



# Топография значимых (по критерию Манна-Уитни) различий в спектральной мощности ЭЭГ у детей с разным уровнем ежедневной электромагнитной нагрузки

Средняя – низкая нагрузка

Высокая – низкая нагрузка



## Выводы

- ❑ Уровень ежедневной ЭМН, связанной с использованием мобильного телефона у современных младших школьников, варьирует от 0 до 984 мДж/см<sup>2</sup>, но у большинства детей не превышает 46,3 мДж/см<sup>2</sup>.
- ❑ Повышение уровня ЭМН сопряжено с увеличением частоты встречаемости головокружений, причем риск их появления возрастает при ЭМН более 13,0 мДж/см<sup>2</sup>.
- ❑ Выявлены особенности изменения ЭЭГ в зависимости от уровня ЭМН: признаки повышения активности диэнцефальных структур (усиление альфа-волн в передних зонах) при среднем уровне ЭМН (от 1,13 до 46,3 мДж/см<sup>2</sup>) и знаки локального раздражения передних и височных зон коры правого полушария (усиление бета2-волн) при высоком уровне ЭМН (>46,3 мДж/см<sup>2</sup>).

Спасибо за внимание

