



Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова»

ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СИСТЕМ СВЯЗИ НОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Перов С.Ю., д.б.н., заведующий лабораторией электромагнитных полей

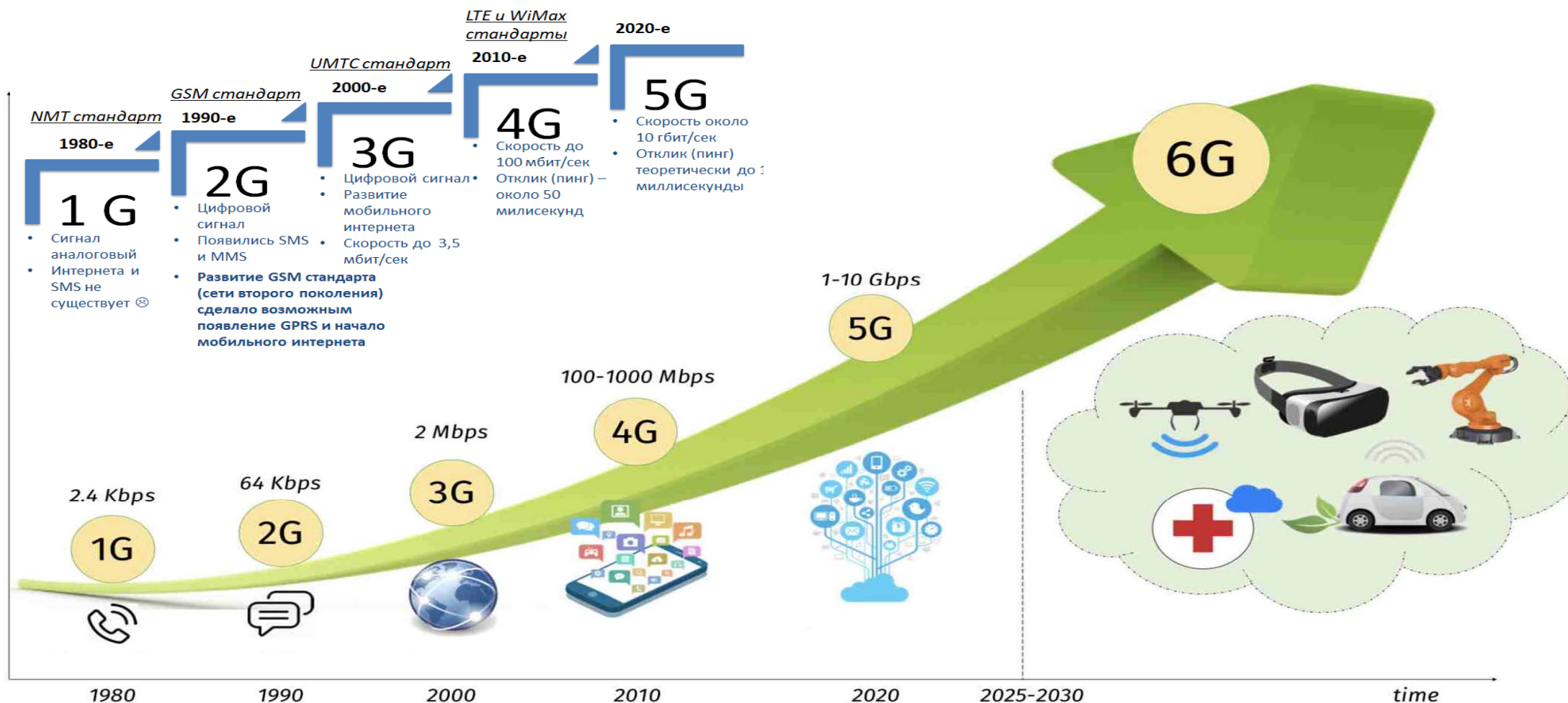
Рубцова Н.Б., д.б.н., профессор, главный научный сотрудник

Белая О.В., к.б.н., старший научный сотрудник

**Международная научная конференция «Фундаментальные и прикладные исследования в медицине», посвященная
65-летию ФГБНУ ВСИМЭИ» 15 – 19 сентября 2025 года, о.Ольхон, п.Хунжир**



ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБСТАНОВКА



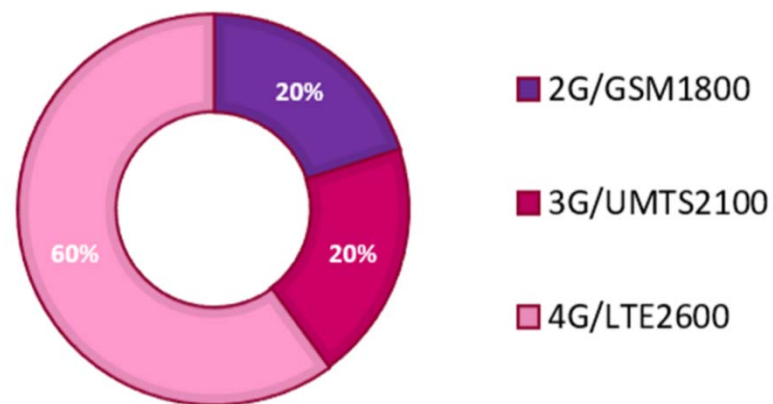
Международная научная конференция «Фундаментальные и прикладные исследования в медицине», посвященная 65-летию ФГБНУ ВСИМЭИ» 15 – 19 сентября 2025 года, о.Ольхон, п.Хунжир



ПОСТАНОВКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы: прогностическая оценка биологически эквивалентных для человека и лабораторных крыс условий многочастотной электромагнитной экспозиции, создаваемой одновременной работой нескольких базовых станций сотовой связи различных стандартов.

- При изучении биологического действия фактора отдельной задачей является оценка условий электромагнитной экспозиции с позиций их эквивалентности для организма животных и человека с применением дозиметрического и временного критериев.
- Объект исследования:
экспериментальные условия облучения ЭМП, имитирующие реальные условия многочастотной экспозиции при совместной работе базовых станций стандартов действующих стандартов GSM, UMTS и LTE.





ПОСТАНОВКА ИССЛЕДОВАНИЙ



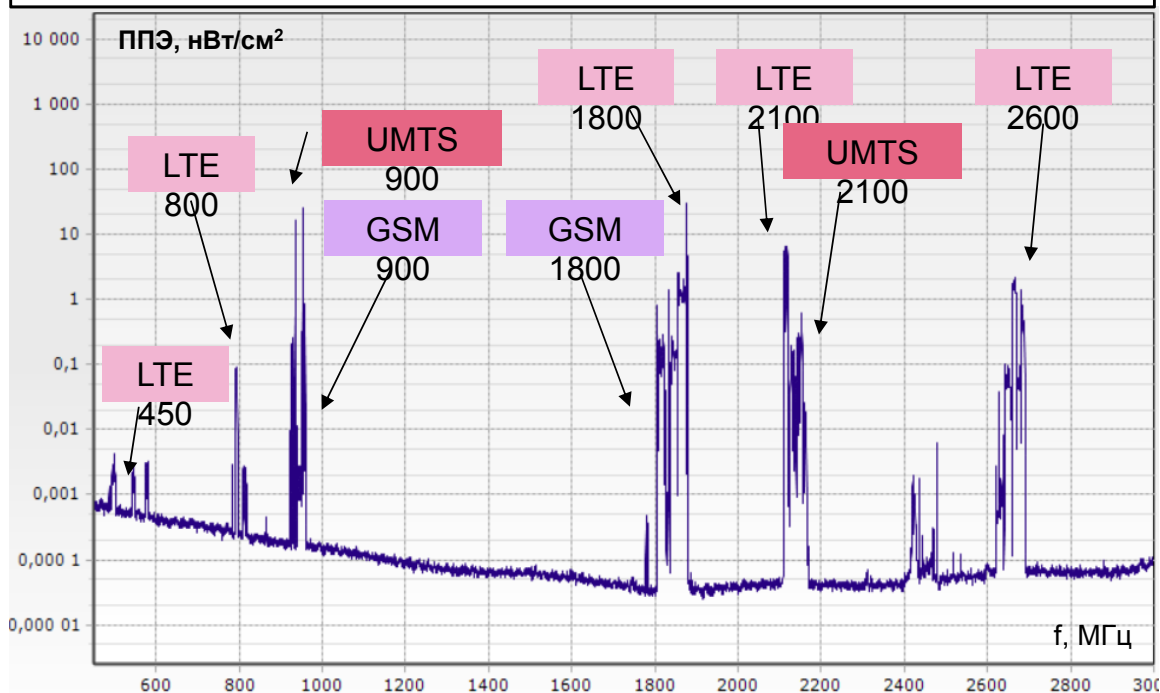


ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБСТАНОВКА

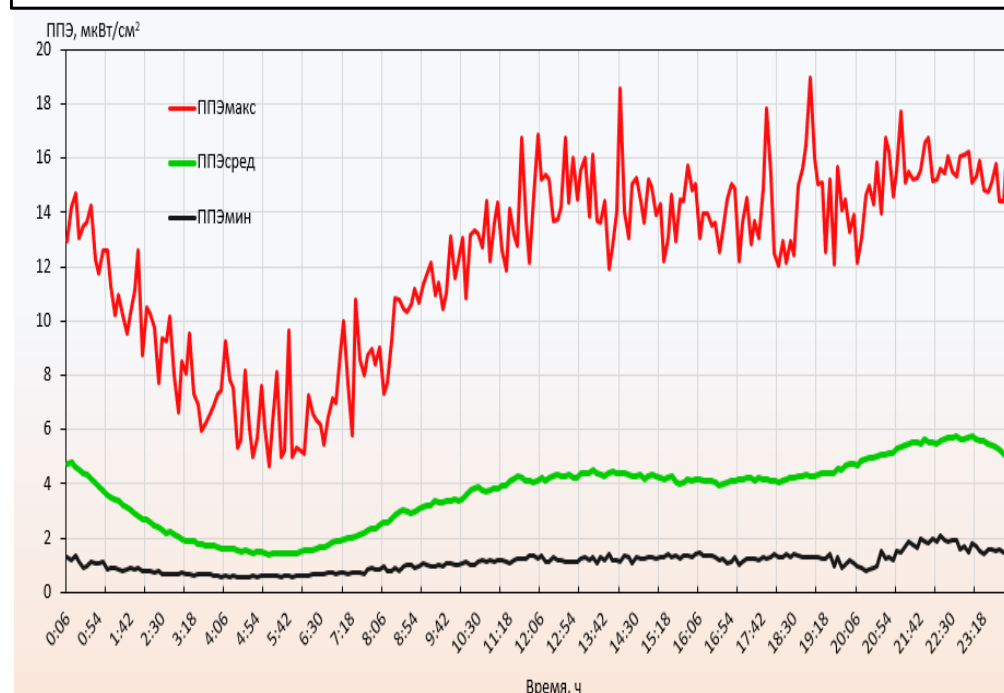
Селективные измерения уровней ЭМП: селективный измеритель электромагнитных полей Narda SRM-3006 (Narda Safety Test Solutions GmbH, Германия).

Стационарный мониторинг уровней ЭМП: станция мониторинга Narda AMB-8059 (Narda Safety Test Solutions GmbH, Германия).

Селективные измерения «мгновенные»,



Временные измерения «мониторинг»,



Международная научная конференция «Фундаментальные и прикладные исследования в медицине», посвященная 65-летию ФГБНУ ВСИМЭИ» 15 – 19 сентября 2025 года, о.Ольхон, п.Хунжир



ЧИСЛЕННАЯ ДОЗИМЕТРИЯ

Исследование проводилось с помощью метода численной дозиметрии, включающего разработку и расчета математических моделей условий экспозиции биологических объектов, соответствующих экспериментальным условиям облучения лабораторных крыс по частотному составу и уровням ППЭ.

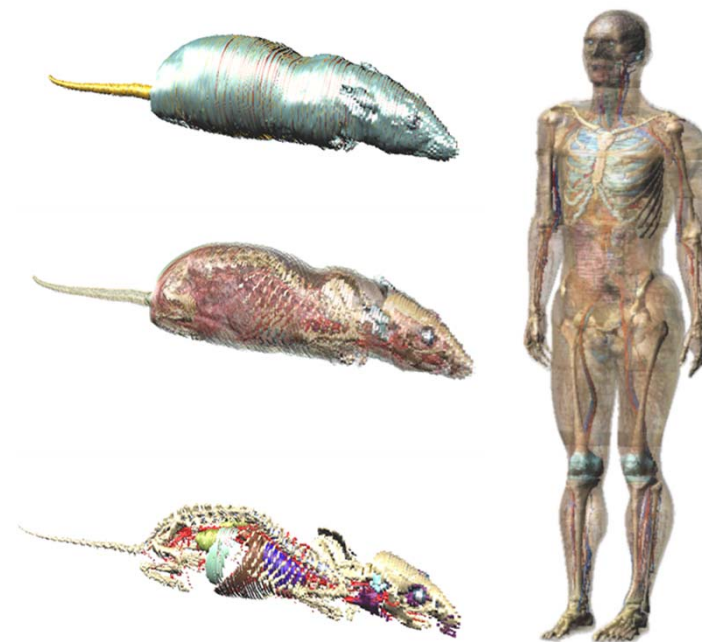
Программное обеспечение:

SEMCAD X v.14.8 («SPEAG AG», Швейцария) с применением расчетного метода конечных разностей во временной области.

Биологические объекты:

гетерогенные фантомы («IT'IS Foundation», Швейцария)

- самца крысы (вес 198 г, длина тела 185 мм, 61 ткань);
- самца крысы (вес 567 г, длина тела 470 мм, 56 тканей);
- мужчины (модель "Duke", вес 70,2 кг, рост 1,77 м, возраст 34 года, 77 тканей)



Условия воздействия ЭМП: в моделях численной дозиметрии биологические объекты подвергались облучению ЭМП с наклонной кросс-поляризацией в условиях дальней зоны источника. Для каждого стандарта сотовой связи условия облучения биологических объектов ЭМП моделировались отдельно при соответствующем уровне ППЭ на центральной частоте.



ОЦЕНКА ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ЭКСПОЗИЦИЙ

- **Численное моделирование:** определены величины УПМ в ткани/теле человека и лабораторных крыс как для облучения ЭМП на отдельных частотах, соответствующих стандартам GSM, UMTS, LTE, так и суммарные уровни УПМ для многочастотного облучения биологических объектов с общим уровнем ППЭ 250 мкВт/см².
- **Предположение:** биологический эффект при контролируемом уровне многочастотной экспозиции экспериментальных животных может быть спрогнозирован у человека, если в теле и отдельных системах крысы и человека создаются уровни УПМ равной величины
- **Расчет:** суммарных уровней ППЭ многочастотной экспозиции человека, эквивалентные многочастотному облучению крыс в эксперименте

Временной критерий воздействия экспозиции,

$$t_{\text{чел}} = 10^{0,47+1,18 \cdot \lg t_{\text{кр}}}$$

Дозиметрический критерий воздействия экспозиции,

$$\text{ППЭ}_{\text{чел}} = \text{ППЭ}_{\text{кр}} \frac{\text{УПМ}_{\text{кр}}}{\text{УПМ}_{\text{чел}}} = \text{ППЭ}_{\text{кр}} \frac{\text{УПМ}_{\text{кр}}^{\text{GSM}} + \text{УПМ}_{\text{кр}}^{\text{UMTS}} + \text{УПМ}_{\text{кр}}^{\text{LTE}}}{\text{УПМ}_{\text{чел}}^{\text{GSM}} + \text{УПМ}_{\text{чел}}^{\text{UMTS}} + \text{УПМ}_{\text{чел}}^{\text{LTE}}}$$

Потенциальный
биологический
эффект
воздействия ЭМП



ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПОЗИЦИИ

Условия многочастотной экспозиции животных в эксперименте			Условия многочастотной экспозиции человека			
			Временной критерий	Дозиметрический критерий		
				Уровни ППЭ, мкВт/см ²		
Длительность воздействия	Вес крысы, г	Уровни ППЭ, мкВт/см ²	Длительность воздействия	Все тело	Кора головного мозга	Костный мозг
1 месяц	198	250	5,4 месяца	1105	862	141
2 месяца	198	250	1 год	1105	862	141
3 месяца	567	250	1 год и 8 месяцев	682	629	50
4 месяца	567	250	2 года и 4 месяца	682	629	50

- Наибольшие эквивалентные уровни внешнего ЭМП для воздействия на человека, превышающие исходные уровни облучения животных в эксперименте в 2,7 – 4,4 раза, были рассчитаны на основе величин УПМ во всем теле биологических объектов, которые могут характеризовать биологические эффекты со стороны интегральных показателей общего состояния организма.
- различным срокам облучения лабораторных крыс в хроническом эксперименте были сопоставлены биологически эквивалентные продолжительности воздействия фактора на человека.

Международная научная конференция «Фундаментальные и прикладные исследования в медицине», посвященная 65-летию ФГБНУ ВСИМЭИ» 15 – 19 сентября 2025 года, о.Ольхон, п.Хунжир



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Одним из актуальных аспектов проблемы оценки и предупреждения возможных неблагоприятных эффектов ЭМП на организм человека остается экспериментальное изучения биологического действия фактора на животных при имитации реальных условий облучения, примером которых является многочастотная электромагнитная экспозиция, создаваемая одновременной работой нескольких базовых станций сотовой связи стандартов 2-4 поколения.
- Разработана прогностическая модель и проведена оценка биологически эквивалентных для человека и лабораторных крыс подобных условий воздействия с учетом дозиметрических и временных критериев.
- Предложенный подход позволяет определить эквивалентные суммарные уровни ППЭ и продолжительности экспозиции человека исходя из экспериментальных условий хронического облучения животных и ожидаемых биологических эффектов со стороны критически важных систем организма, что является важным, в том числе, при обосновании коэффициента гигиенического запаса при обосновании ПДУ.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Международная научная конференция «Фундаментальные и прикладные исследования в медицине», посвященная 65-летию ФГБНУ ВСИМЭИ» 15 – 19 сентября 2025 года, о.Ольхон, п.Хунжир