

# Биологические эффекты ЭМ-излучений

*Лектор Бигалиев А.Б. д.б.н., профессор*

# 15 порядков - рост общего ЭМ-фона Земли за период с XIX по начало XXI века (от $10^{-24}$ - $10^{-12}$ до $10^{-1}$ - $10$ Вт/м<sup>2</sup>)

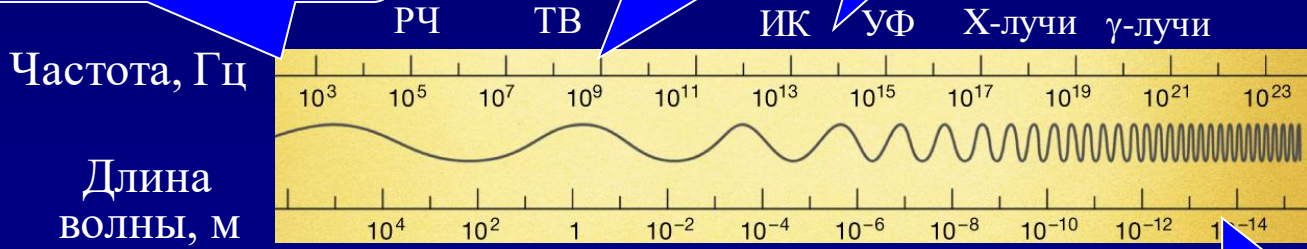
ELF	AM Radio	FM / TV	Microwave and Radar	Radiant Heating, Infrared	Sun Lamps, Visible Light	Medical X-Rays	$\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -Rays
$\lambda = 3000$ km $\nu = 100$ Hz $E = 0.4$ peV	3 km 100 kHz 0.4 neV	3 m 100 MHz 0.4 $\mu$ eV	3 mm 100 GHz 0.4 meV	30 $\mu$ m $10^{13}$ Hz 0.04 eV	300 nm $10^{15}$ Hz 4 eV	3 $\Delta$ $10^{18}$ Hz 4 keV	0.3 pm $10^{21}$ Hz 4 MeV
◆ Power lines 50 – 60 Hz <i>(induced currents)</i>		◆ Cell phones. ~ 1 – 2 GHz <i>(RF heating currents)</i>		◆ Human body heat ← ← ← ← <i>(photo — chemistry)</i>	◆ Vision Non-ionizing ←	→ Ionizing <i>(molecular damage)</i>	◆ Cosmic rays → → → →

## Основные направления исследований:

Extreme Low Frequency  
Высоковольтные линии

Мобильные телефоны

Видимый свет



Тепловые эффекты | Ионизация молекул

при мощности > 1 мВт/см<sup>2</sup>



Реальность нетермических эффектов

Индукцированный мутагенез,  
ОЛБ при дозах > 2Гр

# Физиологические эффекты мощных ЭМ-излучений

Единственная публикация в открытой печати:  
 Гибель человека от ЭМ-излучения в результате антенны радиолокатора:

**ППЭ** - плотность потока энергии  
 мВт/см<sup>2</sup>

На западе:

**SAR** - Specific Absorption Rates  
 Вт/кг

ПДУ = 0,01 мВт/см<sup>2</sup>  
 (для бытовой техники).  
 SAR = 1-2 Вт/кг (Европа)

ППЭ, мВт/см <sup>2</sup>	Наблюдаемые изменения
500*	Болевые ощущения в период облучения
200*	Угнетение окислительно-восстановительных процессов
3-4	Ваготоническая реакция с симптомами брадикардии, замедление электропроводимости сердца
2-3	Выраженный характер снижения артериального давления, тенденция к учащению пульса, незначительные колебания объема сердца
1	Снижение артериального давления, тенденция к учащению пульса, незначительные колебания объема крови сердца. Снижение офтальмотонуса при ежедневном воздействии в течение 3,5 мес
0,4	Слуховой эффект при воздействии импульсных ЭМИ
0,3	Некоторые изменения со стороны нервной системы при хроническом воздействии в течение 5-10 лет
0,1	Электрокардиографические изменения
До 0,05*	Тенденция к понижению артериального давления при хроническом облучении

\* — значения интенсивности являются наименьшими из встречающихся в литературе

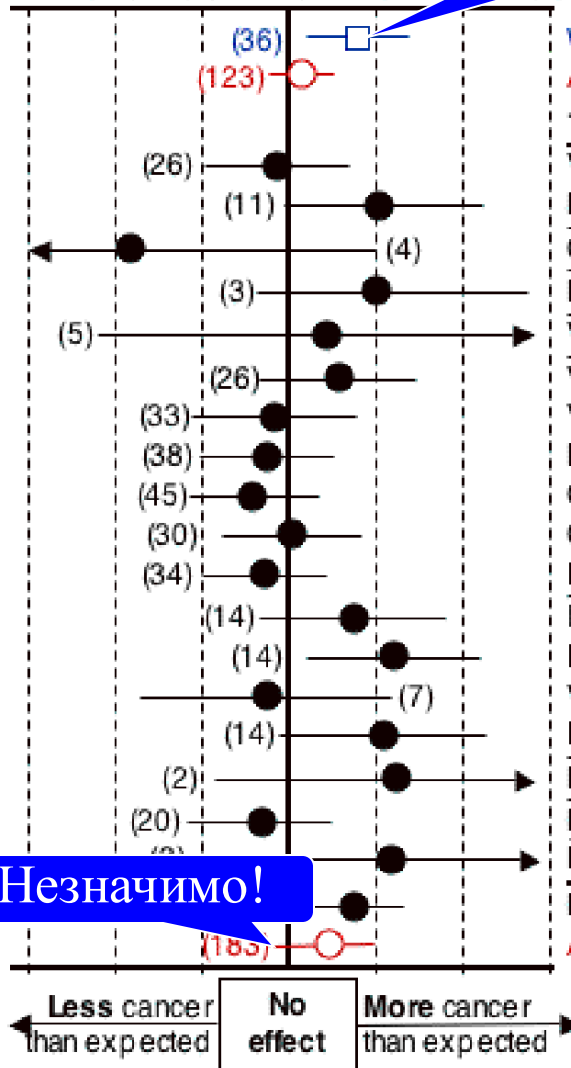
Теплов  
 Слабы  
 при хр

# Мета-анализ рисков детско

Эффект «winner's curse» - характерная особенность эпидемиологических и ассоциативных исследований

Relative Risk of Childhood Leukemia

0.12 0.25 0.5 1.0 2.0 4.0 8.0



Незначимо!

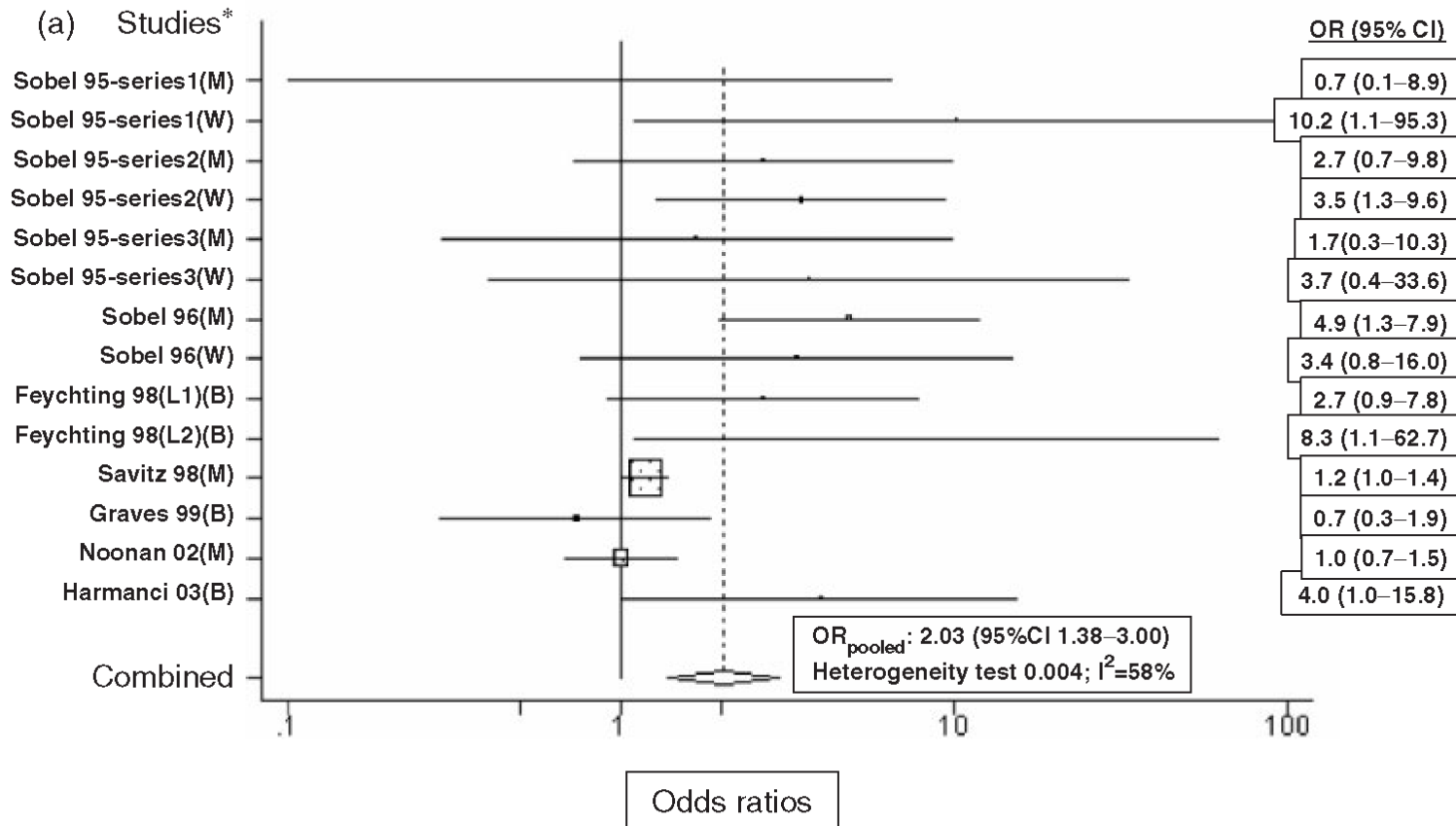
# Заключения экспертов по эффектам ELF-EMF (2006)

## “Blue Ribbon” Scientific Consensus Group Assessments of EMF, Health Effects and Exposure Guidelines

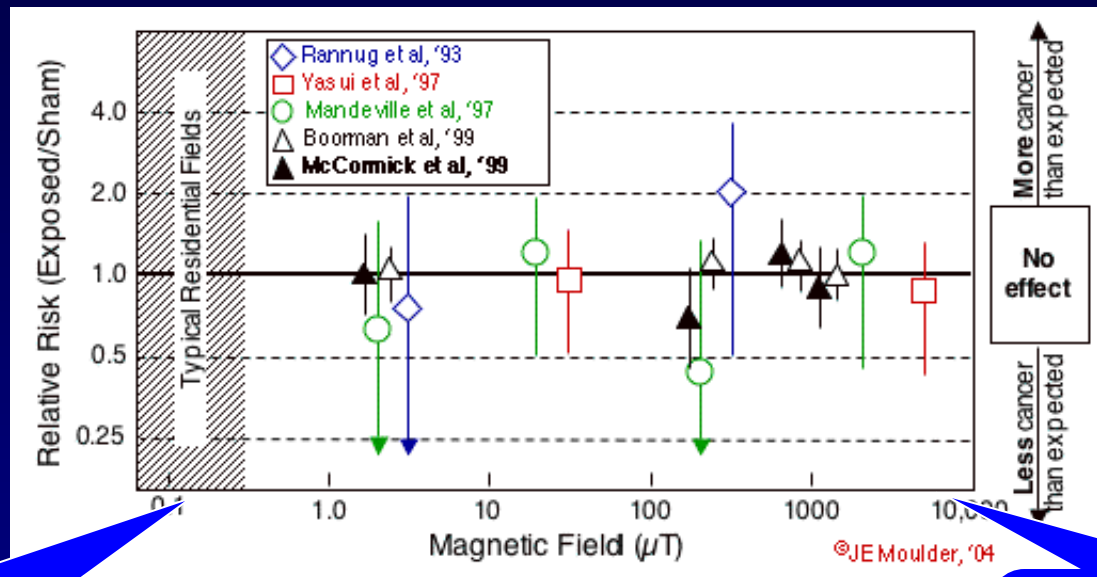
Scientific Group	Health Endpoints Considered	Overall Conclusions on Causal Role of EMF	Guidelines Proposed for Gen. Public	ELF	EMF	Level of Concern
American Cancer Society (ACS)	cancer	[EMF] not proven to cause cancer	none	none	none	low
American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)	health	there is insufficient information on human responses and possible health effects of magnetic fields in the frequency range of 1 Hz to 30 kHz to permit the establishment of a TLV for time-weighted exposures	none	10,000 mG (b)	none	low
American Industrial Hygiene Association (AIHA)	health	insufficient evidence of human health risk at EMF levels below ICNIRP guidelines	833 mG (a)	10,000 mG (b)	follow standards; characterize exposures; education; research	low
American Medical Association (AMA)	cancer / health	no scientifically documented health risk has been associated with the usually occurring levels of electromagnetic fields	none	none	education; lower field designs; awareness; research	low
American Physical Society (APS)	cancer / health	the conjecture relating cancer to power line fields has not been scientifically substantiated	none	none	none	low
Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPNSA)	health	no evidence that prolonged exposures to weak EMF result in adverse health effects	1,000 mG	5,000 mG	minimize exposure; research	low
British Columbia Center for Disease Control (BCCDC)	health	evidence to date does not support the assumption that adverse health effects from exposure at current residential and occupational levels pose a risk to human health	833 mG (a)	4,200 mG (a) 10,000 mG (b)	none	low
British National Radiation Protection Board (NRPB), now Health Protection Agency (HPA)	health	recommend ICNIRP EMF limits; apparent increased risk of childhood leukemia >4 mG, but weak evidence does not justify causality; no evidence of other health effects	833 mG (a)	4,200 mG (a)	follow standards; research	low

Низкий уровень озабоченности

# Occupational exposure to extremely low frequency electric and magnetic fields and Alzheimer disease: a meta-analysis



# Канцерогенез у лабораторных животных при хроническом воздействии ELF-EMF



Современные жилые помещения

Эффектов нет при превышении фона на 5 порядков

# Мета-анализ опасностей, связанных с использованием мобильных телефонов



**Mobile Phone Use and Risk of Tumors: A Meta-Analysis**  
Seung-Kwon Myung et al. Journal of Clinical Oncology (2009)

Из 465 публикаций отобраны 23 исследования типа case-control:  
12 344 больных (опухоли мозга) и 25 572 здоровых

Существенная неоднородность данных:

8 работ – небольшой значимый отрицательный эффект

15 работ – небольшой значимый положительный (протективный) эффект

Общий баланс по всем работам:

Больные, использующие мобильные телефоны, против  
здоровых, не использующие мобильные телефоны

$OR=0.98$

Незримый признак-конфаундер?

Связанными эффектами

Например, социальная активность

Длительное и активное использование мобильных телефонов (более 10 лет):

13 работ – небольшой значимый отрицательный эффект

$OR=1.18$  (95% CI=1.04-1.34)



# Генетические эффекты ЭМ-полей

Последний обзор: Genotoxic effects of radiofrequency electromagnetic fields

H.W. Ruediger (2009)

## Методы:

- Микроядра
- Аберрации хромосом
- Кометы (форез ядер)
- Транскриптомика (гены регуляции апоптоза, клеточного цикла и оксидативного ответа)

101 публикация по генотоксичности RF-EMF *in vivo* и *in vitro*:

49 – слабый генотоксический эффект

42 – нет достоверных эффектов.

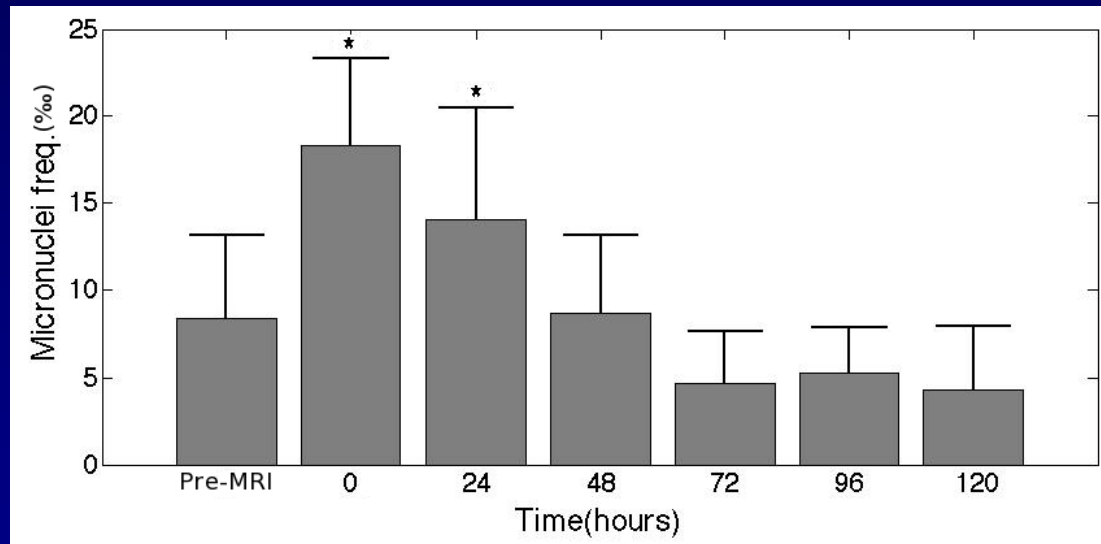
8 – RF-EMF усиливает эффекты других физических и химических генотоксикантов

# Генетические эффекты при ЯМР-обследованиях

## Biological Effects and Safety in Magnetic Resonance Imaging

V. Hartwig, G. Giovannetti et al. (2009)

Уровень микроядер у пациентов после ЯМР-сканирования



# Заключение

- ❑ Поражающее действие мощных неионизирующих ЭМ-полей связано с тепловыми эффектами
- ❑ Канцерогенное действие низко- и высокочастотных ЭМ-полей не доказано
- ❑ Отсутствие канцерогенных эффектов указывает на низкую вероятность обнаружения заметного мутагенного воздействия неионизирующих ЭМ-полей