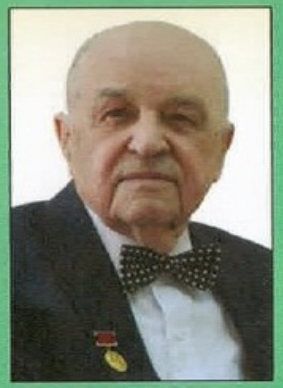
Ю.Г. ГРИГОРЬЕВ
О.А. ГРИГОРЬЕВ

СОТОВАЯ СВЯЗЬ И ЗДОРОВЬЕ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБСТАНОВКА. РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ. ПРОГНОЗ ОПАСНОСТИ

Экономика



Ю.Г. Григорьев, профессор, доктор медицинских наук, Лауреат Государственной премии СССР, ведущий научный сотрудник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна.

Профиль научных исследований: биологическое действие ионизирующей и неионизирующей радиации, оценка опасности действия физических факторов на население, радиационная безопасность пилотируемых космических полетов. Более 50 лет ведет работы, связанные с биологическим действием электромагнитного сверхвысокочастотного излучения, с оценкой неблагоприятного влияния на население.

Под его руководством защищено более 70 кандидатских и докторских диссертаций. Президент Российского национального Комитета по защите от неионизирующих излучений, постоянный член Консультативного Комитета ВОЗ по международной программе «Электромагнитные поля и здоровье населения», член Международной Комиссии по электромагнитной безопасности (ICEMS).

Автор 21 монографии и более 400 публикаций.

За достигнутые результаты награжден Орденами Ленина, Трудового Красного Знамени, «Знак почета», «Золотым крестом» ФМБА РФ.

О.А. Григорьев, доктор биологических наук, лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники.

Заведующий научным отделом неионизирующих излучений, заведующий лабораторией радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений ФГБУ Государственный научный центр "Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна" Федерального медико-биологического агентства.

Член научно-консультативного комитета Международной электромагнитной программы Всемирной организации здравоохранения. Председатель Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений.

Профиль научных исследований: биологическое действие электромагнитного поля, био- и электромагнитная совместимость, изучение биологического действия физических факторов неионизирующей природы в экстремальных условиях, разработка методов и критериев оценки биологических эффектов, история науки.

ISBN 978-5-282-03432-5

РОДИТЕЛЬСКИЙОТПОР.РФ
За семью! За Родину! За традиции!
Защитим права семьи!
Сайт: родительскийотпор.рф
СТОП #ЦИФРОВАЯШКОЛА #ЦОС #РЭШ #ДИСТАНТ

УДК 613.167/.168
ББК 51.201.1
Г 83

Г 83 **Григорьев, Юрий Григорьевич.**
Сотовая связь и здоровье : электромагнитная обстановка, радиобиологические и гигиенические проблемы, прогноз опасности / Ю.Г. Григорьев, О.А. Григорьев ; ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. — 2-е изд., перераб. — Москва : Экономика, 2016. — 574 с.
ISBN 978-5-282-03432-5

Впервые, с позиции российской научной школы радиобиологии и гигиены, дан подробный и всесторонний анализ сотовой связи, как значимого для населения источника электромагнитного поля. Особенность настоящей монографии — сочетание современных научных данных, в том числе зарубежных, и результатов фундаментальных и прикладных исследований биологических эффектов ЭМП, проведенных в России и СССР в «домобильную эпоху».

В книге дана подробная характеристика условий электромагнитной обстановки, представлены закономерности формирования индивидуальной энергетический нагрузки для пользователей абонентских терминалов (сотовых телефонов) и населения. Рассмотреы фундаментальные базовые механизмы формирования ответной биологической реакции и условия возможного перехода ее в патологическое состояние. Выделены критические органы и системы к воздействию электромагнитного поля сотовой связи, к которым отнесены прежде всего головной мозг и иммунная система. Детально рассмотрены возможные биоэффекты при воздействии малых интенсивностей ЭМП, модуляции, сложных режимов электромагнитного сигнала. Авторами проанализированы научные данные, позволяющие отнести детей и подростков к группе риска.

Подробно рассмотрены научные принципы формирования нормативной базы, лежащей в основе обеспечения безопасности как в нашей стране, так и за рубежом. Показано, что используемые подходы МКЗНИР не продуктивны, они не учитывают сложившиеся к настоящему времени условия воздействия ЭМП на население.

Впервые проанализированы применимость и достаточность имеющейся информации для оценки риска нанесения вреда здоровью при продолжительном контакте с источниками ЭМП сотовой связи.

Предисловие к 1-му изданию монографии написано академиками РАМН Л.А. Ильиным и М.Г. Шандалой, а ко 2-му изданию — членом-корреспондентом РАН Ю.Б. Зубаревым.

Авторы оценивают сложившуюся в настоящее время ситуацию, как требующую особого внимания всех уровней исполнительной власти, здравоохранения и научного сообщества. Монография не претендует на то, чтобы полностью и окончательно дать категоричное заключение по принципу «вредно — не вредно», а представляет вклад в формирование культуры безопасного использования и развития как сотовой связи, так и последующих технологических достижений, сопряженных с формированием условий контакта человека с источниками физических факторов воздействия электромагнитной природы.

УДК 613.167/.168
ББК 51.201.1

© Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., 2013
© Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., 2016, с изменениями
© ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2013
© ЗАО «Издательство «Экономика», 2016

ISBN 978-5-282-03432-5

"РОДИТЕЛЬСКИЙОТПОР.РФ" информирует:
цифровая школа вредит здоровью и психике детей!

Grigoriev Yu.G.
Grigoriev O.A.

CELLULAR COMMUNICATION AND HEALTH

Electromagnetic environment
Radiobiological and hygienic problems
The prognosis of hazard

Second edition, revised

ECONOMICA

Остановим варварские эксперименты
в сфере образования вместе!

Original studies of the authors of the book and their employees have been performed in the State scientific center of the Institute of Biophysics of the Ministry of health of Russia (Director — academician L.A. Ilyin). Further generalization of the results and preparation of the monograph carried out in the State scientific center of the Russian Federation, A. Burnazyan Federal medical bio-physical center FMBA of Russia (Director — A.S. Samoilov).

The authors of this monograph express their deep gratitude to Academician Leonid A. Ilyin for their support in performing this work.

The authors are extremely grateful to colleagues — the members of the Russian National Committee on Non-Ionizing Radiation protection for fruitful and meaningful discussion on the topic of monographs, over many years of useful and pleasant communication.

We highly appreciate the role and importance of International electromagnetic project of the World Health Organization, Dr. Michael Repacholi and Dr Emilie Van Deventer in the motivation of the authors to summarize the most important results of Russian studies, and they truly are grateful for the support at different stages of the work since 1996.

"РОДИТЕЛЬСКИЙОТПОР.РФ" информирует:
цифровая школа вредит здоровью и психике детей!

Оглавление

Введение 15

Предисловие ко второму изданию (член-корреспондент РАН Ю.Б. Зубарев) 19

Предисловие к первому изданию (академики РАМН Л.А. Ильин, М.Г. Шандала) 22

Глава 1. **Сотовая связь — характеристика электромагнитной обстановки в среде обитания населения. Базовые станции. Сотовые телефоны** 30

1.1. Общая характеристика. Стандарты подвижной радиосвязи 30

1.2. Базовые станции 39

1.2.1. Общая характеристика источника 39

1.2.2. Электромагнитная обстановка вблизи базовых станций (по зарубежным данным) 42

1.2.3. Электромагнитная обстановка вблизи базовых станций (по собственным данным) 48

1.3. Абонентские терминалы 75

1.3.1. Концепция и методология дозиметрической оценки воздействия по интенсивности падающего электромагнитного поля 77

1.3.2. Концепция и методология дозиметрической оценки воздействия по величине мощности поглощения дозы 83

1.3.3. Методики расчетной оценки воздействия электромагнитного поля УВЧ диапазона в ближней зоне 86

1.3.4. Методика дозиметрической оценки воздействия по величине мощности поглощенной дозы 98

Глава 2. **Оценка опасности ЭМП для пользователей сотовыми телефонами. Факты и аргументы** 113

Остановим варварские эксперименты в сфере образования вместе!

"РОДИТЕЛЬСКИЙОТПОР.РФ" информирует:
цифровая школа вредит здоровью и психике детей!

2.1. Головной мозг как критический орган при воздействии ЭМП сотового телефона 113
2.1.1. К истории начала исследований влияния ЭМП РЧ на головной мозг. 114
2.1.2. Эксперименты на животных в условиях однократных и повторных воздействий ЭМП РЧ нетепловой нтенсивности (влияние на функцию мозга) 120
2.1.2.1. Биоэлектрическая активность мозга при воздействии ЭМП РЧ 122
2.1.2.2. Электромагнитные поля и судорожный синдром (в эксперименте) 127
2.1.2.3. Возможное влияние ЭМП РЧ на память с использованием модели «Импринтинг» 138
2.1.2.4. Фиксация электромагнитного сигнала головным мозгом 142
2.1.2.5. Гематоэнцефалический барьер и изменения в нейронах 148
2.1.2.6. Высшая нервная деятельность (когнитивные функции, память, условно-рефлекторная деятельность) в условиях однократных, повторных и длительных/хронических электромагнитных воздействий 156
2.2. Исследования на добровольцах — пользователях сотовыми телефонами в условиях кратковременного режима облучения головы. 167
2.3. Изменение состояния здоровья у пользователей сотовыми телефонами (у взрослого населения). Непосредственные и отдаленные проявления 187
2.3.1. Субъективные оценки (жалобы пользователей на плохое здоровье) 187
2.3.2. Отдаленные неблагоприятные последствия. Опухоли мозга. 189
2.4. Роль модуляции и сложных режимов воздействия ЭМП РЧ малой интенсивности (к оценке опасности воздействия на мозг) 202
2.5. Иммунная система как возможная критическая система при пролонгированном и хроническом воздействии ЭМП РЧ малой интенсивности. Эксперимент по программе ВОЗ 249
2.6. Результаты исследований состояния здоровья людей, подвергавшихся воздействию ЭМП РЧ в «эпоху до сотовой связи» (к оценке опасности и нормированию ЭМП РЧ). 305
2.7. Общие радиобиологические закономерности. 315

Глава 3. **Сотовая связь и здоровье детей и подростков** . . . 346
3.1. Особенности распределения и поглощения ЭМП в голове ребенка. 348
3.2. Экспериментальные исследования возрастной электромагнитной чувствительности (в условиях тотального облучения организма) 357
3.3. Пренатальный период, новорожденные, первые годы жизни ребенка и ЭМП сотовых телефонов 365
3.4. Реакции ЦНС у детей и подростков — пользователей сотовыми телефонами 374
3.4.1. Исследования в условиях кратковременных воздействий 374
3.4.2. Эпидемиологические исследования здоровья детей, находящихся в условиях тотального облучении ЭМП 377
3.4.3. Лонгитюдные исследования изменений психофизиологических показателей детей в реальных условиях пользования сотовыми телефонами 382
3.5. Оценка возможности развития опухолей мозга у лиц, пользовавшихся сотовыми телефонами в детском возрасте. 392
3.6. Состояние здоровья у детей и подростков как исходный фон при ежедневном воздействии ЭМП сотовой связи. К оценке опасности. 392
3.7. Дети и проблема стандартизации 394
3.8. Точка зрения официальных инстанций и научных форумов на проблему «Сотовые телефоны и дети» . . . 396

Глвав 4. **Гигиеническое нормирование электромагнитного поля радиочастотного диапазона** 402
4.1. Развитие гигиенического нормирования ЭМП РЧ. . . 402

Остановим варварские эксперименты в сфере образования вместе!

4.2. Санитарно-эпидемилогические нормативы ЭМП подвижной сотовой связи 420
4.3. Основные научные положения методологии гигиенического нормирования применительно к ЭМП РЧ . . 430
4.4. Зарубежные стандарты ЭМП РЧ 439

Глава 5. **Общая оценка риска для здоровья и возможности прогнозирования неблагоприятных последствий** 462

Вместо Послесловия 474

Приложение 479

Литература 506

Annotations to the chapters 564

"РОДИТЕЛЬСКИЙОТПОР.РФ" информирует:
цифровая школа вредит здоровью и психике детей!

Content

Introduction 15

Foreword (corresponding member of the Russian Academy of Sciences Yu.B. Zubarev) 19

Foreword (academicians of the Russian Academy of Medical Sciences L.A. Ilyin, M.G. Shandala) 22

Chapter 1. **Cellular communication — characteristic of the electromagnetic pollution and exposure of the population. Base stations. Cell phones** 30

1.1. General characteristics. Cellular communications standards 30
1.2. Base stations 39
1.2.1. General characteristics of the EMF source. 39
1.2.2. Electromagnetic environment near the base stations (international data). 42
1.2.3. Electromagnetic environment near the base stations (own data). 48
1.3. Cell phones 75
1.3.1. Concept and methodology for assessing the exposure of the dosimetry of incident electromagnetic field 77
1.3.2. The concept and methodology of dosimetric exposure assessment on the amount of specific absorbed dose 83
1.3.3. The concept and methodology of the the EMF exposure of the electromagnetic field of the UHF band in the short-range zone 86
1.3.4. Method of measuring the specific absorbed dose . . . 98

Chapter 2. **Assessment of the EMF hazards to the cell phone users. Facts and arguments** 113

Остановим варварские эксперименты в сфере образования вместе!

Глава 3

СОТОВАЯ СВЯЗЬ И ЗДОРОВЬЕ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Дети являются особой группой пользователей абонентских терминалов сотовой связи. С биофизической точки зрения распределение электромагнитной энергии и ее поглощение в тканях головы ребенка и взрослых происходят по-разному. С учетом возрастной физиологии реакции организма ребенка на воздействие ЭМП должны иметь свою особенность. Кроме того, дети являются особой социальной группой, поскольку состояние их здоровья и качество интеллектуального развития определяют перспективы развития общества на поколения вперед.

В данной главе рассмотрена проблема оценки влияния ЭМП современных сотовых телефонов на здоровье детей и подростков, сделан соответствующий прогноз в отношении здоровья настоящего подрастающего и будущих поколений. При этом нами учитываются прежде всего точки зрения отечественных ученых и членов Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений.

В Стратегии охраны здоровья женщин и детей Организации Объединенных Наций (ООН, 2010) подчеркивается, что женщины и дети играют важнейшую роль в развитии, а расширение инвестиций в здоровье женщин и детей не только является правильным решением, но и способствует созданию стабильного, мирного и продуктивного общества. ООН признает здоровье женщин и детей в качестве одного из основополагающих прав человека.

"РОДИТЕЛЬСКИЙОТПОР.РФ" информирует:
цифровая школа вредит здоровью и психике детей!

Вместе с тем угрозу здоровью детей и подростков в современном высокотехнологическом мире создают большое количество химических и физических факторов. Положение усугубляется тем, что дети имеют особую уязвимость в течение различных периодов своего развития, им свойственна потенциально большая необратимость вредного влияния на здоровье. Заболеваемость детей в возрасте 0–14 лет по основным классам и группам болезней с диагнозом, установленным впервые в жизни, в 2008 г., по сравнению с «домобильным» 1995 г., выросла в 1,67 раза из расчета на 100 тыс., а общая заболеваемость подростков в России к 2009 г. выросла в 1,99 раза по сравнению с 1995 г. (Дети в России, 2009; Молодежь в России, 2010).

В настоящее время подвижная сотовая связь широко используется детьми. Если в Германии число детей — пользователей сотовыми телефонами в возрасте 12–13 лет было в 1998 г. 3%, то в 2002 г. их число возросло до 69%. В настоящее время в России среди детей городского населения этот показатель достигает более 90%. В одном случае приобретение сотового телефона для детей является необходимым, в другом — владение сотовым телефоном детьми ведет к бесконтрольному общению детей между собой, и наконец, совсем недопустимо представление, что для ребенка является престижным быть обладателем дорогого мобильного гаджета. Важно, что пользователями сотовых телефонов становятся дети все в более и более раннем возрасте: чаще всего первый телефон покупают ребенку, когда он идет в школу, в возрасте 6–8 лет. Однако возраст ребенка может быть еще меньше, например, в Великобритании у каждого десятого ребенка уже в возрасте 5 лет имеется сотовый телефон, а в 2009 г. был установлен возраст самого молодого пользователя — 3 года (Khurana V. et al., 2009).

В 2001 г. Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений (РНКЗНИ) рекомендовал не использовать сотовые телефоны детям и подросткам до 16 лет, а также беременным начиная с момента установления факта беременности и в течение всего периода беременности (Ежегодник РНКЗНИ, 2003). Эти рекомендации были учтены при подготовке СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03. Ученые России и РНКЗНИ многократно подчеркивали чрезвычайную важность проблемы для здоровья детей этого и последующих поколений при широком использовании сотовой связи (Решение РНКЗНИ, 2004, 2008; Григорьев Ю.Г., 2004, 2005) .

Остановим варварские эксперименты в сфере образования вместе!

Наряду с детскими игрушками, ребенок становится обладателем сотового телефона, который является открытым (без защиты) и неконтролируемым источником ЭМП. Впервые дети и подростки попали в группу риска, к которой ранее относили только работающих-профессионалов, специалистов по эксплуатации радаров и других СВЧ-источников промышленного назначения. Возникла ситуация, требующая организации постоянного контроля над использованием сотовых телефонов детьми и разработки целого комплекса профилактических мероприятий.

Рассмотрим ряд обстоятельств, которые позволили нам сделать такой вывод.

3.1. Особенности распределения и поглощения ЭМП в голове ребенка

При оценке опасности ЭМП сотового телефона для детей основным знаковым критерием является прежде всего факт избирательного прямого действия ЭМП на головной мозг ребенка, который в этих условиях воздействия ЭМП является «критическим органом». Хотим подчеркнуть, что, кроме мозга, облучению подвергаются также находящиеся во внутреннем ухе сложные нервные образования — рецепторы, обеспечивающие нормальную деятельность слухового и вестибулярного анализаторов (Григорьев Ю.Г., 2005).

Важно, что такое воздействие происходит впервые за историю человечества, ранее не было ситуации, когда головной мозг детей и подростков подвергался направленному воздействию ЭМП.

Условия распределения и величина энергии, поглощенной мозгом ребенка при разговоре по сотовому телефону, существенно отличаются от условий облучения взрослых. Это обусловлено как анатомическими различиями, так и различием в значениях физических параметров тканей взрослого и ребенка, имеющих прямое значение для поглощения электромагнитной энергии.

Вопрос о специфике распределения и величине энергии, поглощенной мозгом ребенка, о топологии распределения поглощаемой энергии в головном мозге в зависимости от возраста ребенка обсуждается практически на всех международных конфе-

"РОДИТЕЛЬСКИЙОТПОР.РФ" информирует:
цифровая школа вредит здоровью и психике детей!

ренциях, в том числе на конференции, проводившейся РНКЗНИ в 2004 г. в Москве, на форумах научной программы Европейского союза COST 281 (2002, 2004), Биоэлектромагнитного общества, а также на научных форумах ВОЗ (WHO, Workshop, 2004; Proceeding of WHO, Symposium, 2005).

Впервые тема возрастного различия в поглощении ЭМ энергии применительно к сотовым телефонам перешла в практическую плоскость с момента, когда сотовая связь в США стала продуктом массового потребления, а дети — целевой маркетинговой группой для компаний — провайдеров услуг связи.

Одной из первых наиболее впечатляющих аналитических работ стала модель поглощения, разработанная исследователем из США Ганди в 1996 г. На рис. 3.1 представлена модель поглощения Ганди, демонстрирующая различие в поглощении ЭМ энергии тканями головы исходя из различия в свойствах тканей. Показано, что при прочих равных условиях объем тканей головы, в которых поглощается ЭМ энергия, у ребенка значительно больше, чем у взрослого. При этом максимальное значение мощности поглощенной дозы (SAR) у ребенка практически в 2 раза выше, чем у взрослого.

В дальнейшем Ганди и его коллеги совершенствовали модель расчета, что дало им возможность представить новый вариант расчета поглощения ЭМ в голове, позволяющий сравнивать относительное объемное поглощение электромагнитной энергии в зависимости от возраста. У ребенка 5 лет область поглощения ЭМ энергии в тканях головы имеет максимальное относитель-

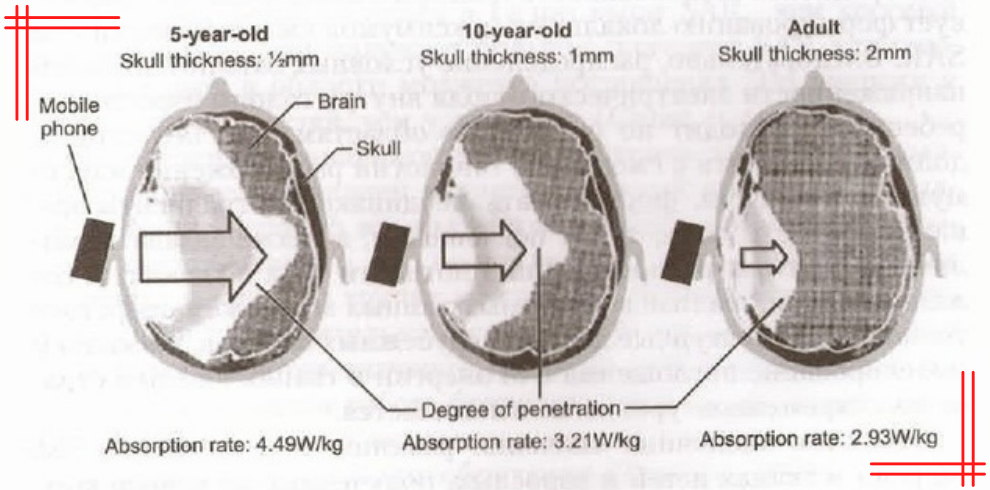


Рис. 3.1. Распределение SAR по объему головы, модель Ганди (Gandhi et al., 1996), слева направо ребенок 5 лет, ребенок 10 лет, взрослый

Остановим варварские эксперименты в сфере образования вместе!

ное значение по сравнению с облучаемыми аналогичным источником ребенком 10 лет и взрослым.

Таким образом, качественное различие в распределении поглощаемой ЭМ энергии у детей и взрослых достаточно наглядно проиллюстрировано этими двумя расчетами.

Как известно, величина SAR зависит от удельной электрической проводимости тканей, плотности ткани и модуля напряженности электрического поля (подробнее см. гл. 1).

Изменение удельной электрической проводимости ткани связывают в первую очередь с гидратацией тканей организма, при этом считается, что ткани максимально гидратированы в детском возрасте (Wang et al., 2006; Николаев, 2009). С возрастом происходит снижение относительной концентрации воды в организме, что является одной из основных причин снижения величины удельной электрической проводимости тканей, а также их диэлектрической проницаемости. Таким образом, при равной величине модуля напряженности электрического поля значение SAR у детей выше, чем у взрослых. Существенную роль играют анатомические особенности: так, масса мозга новорожденного в 4 раза меньше, чем у взрослого, у ребенка более тонкие кости черепа, мягкая и меньшая по размеру ушная раковина, что обеспечивает меньшее расстояние от антенны до головы. Кроме того, как известно, большая кривизна поверхности или внутриобъемной неоднородности в распределении слоев с равной удельной проводимостью приводит к локальному повышению градиента напряженности электрического поля и способствует формированию локальных максимумов напряженности или SAR. Следовательно, распределение условных эквипотенциалей напряженности электрического поля внутри головы взрослого и ребенка происходит по различным областям, что, безусловно, должно приводить к смещению топологии расположения максимума поглощения, формировать неодинаковые градиенты как напряженности поля, так и поглощения, а также задавать различные картины распределения плотности тока в тканях. К сожалению, при анализе конкретных данных мы можем опереться только на литературные данные зарубежных авторов, поскольку моделирование поглощения ЭМ энергии в тканях в нашей стране на современном уровне не выполняется.

Имеются оценочные значения разницы в поглощении ЭМ энергии в тканях детей и взрослых, полученные на основе компьютерного моделирования, приведем наиболее достоверные. В соответствии с источником Gandhi et al. (1996) максимальное

"РОДИТЕЛЬСКИЙОТПОР.РФ" информирует:
цифровая школа вредит здоровью и психике детей!

значение SAR при усреднении по 1 г ткани для детей выше на величину до 53%, чем у взрослых. Как указано в Peyman et al. (2001), SAR у детей выше на величину от 50 до 100%, чем у взрослых. Максимальное значение SAR до 56% выше у детей, чем у взрослых, при этом метод тестирования сотовых телефонов при помощи гомогенного фантома занижает реальное значение SAR как для детей, так и для взрослых на 15% на каждый миллиметр объема (Gandhi et al., 2002). SAR для модели головы 10-летнего мальчика при усреднении на 1 г приблизительно на 60% выше, чем у взрослых (DeSalles et al., 2006). Область максимальных значений SAR у детей больше примерно в 2 раза, чем у взрослых, что обусловлено разницей геометрии и топологии головы, вызывающей приближение антенны сотового телефона к голове. При этом меняется существенно экспозиция различных участков, так экспозиция костного мозга для детей примерно в 10 раз выше (Kuster et al., 2009). SAR тканей мозга детей примерно в 2 раза выше, чем у взрослых при усреднении по 1 г (Wiart et al., 2008). По данным биоимпедансных измерений, выполненных в Москве в 2005–2008 гг. на случайной выборке городского населения, в которую вошли 1551 мужчина и 2392 женщины в возрасте 4–80 лет, существует очевидная возрастная зависимость как активной, так и реактивной составляющей объемной проводимости тканей (Николаев, 2009). Гиппокамп и гипоталамус у детей при прочих равных условиях поглощают ЭМ энергию со значениями SAR выше от 1,6 до 3,1 раза по сравнению со взрослыми; костный мозг детей получает в 10 раз выше SAR, чем костный мозг взрослых; дети получают большие значения SAR для глаз, чем взрослые; в области мозжечка поглощения ЭМ энергии в 2,5 раза выше у детей, чем у взрослых (Christ et al., 2010).

Определение проводимости и диэлектрической проницаемости биологических тканей является сложной прикладной задачей, решение которой продолжается начиная с 40-х годов прошлого века. Очевидно, что большая часть данных получена на животных, а также на трупах, что требует их верификации и экстраполяции применительно к человеку. В настоящее время для проведения расчетов значений поглощенной ЭМ энергии в основном используется работа британских коллег, выполненная в рамках Национальной исследовательской программы по электромагнитным полям Великобритании (Peyman, 2009). Так, по данным, полученным в этой работе на животных (свиньи) и экстраполированным на основании литературы, диэлектрические

Остановим варварские эксперименты в сфере образования вместе!

свойства серого вещества не меняются с возрастом, что отличает этот вид ткани от других видов ткани мозга, в том числе таких, как белое вещество спинного мозга и костей. Изменения значений этих параметров происходят в основном за счет снижения содержания воды в тканях в зависимости от возраста. В меньшей степени они также отражают физиологическое развитие организма или ткани. Именно данные этой работы в последующем использовались для проведения расчетного моделирования, в том числе в работах Christ et al. (2010) и Crespo-Valero et al. (2011), дающих наиболее современную модель распределения и поглощения ЭМ энергии в тканях головного мозга. Эти расчеты выполняются при помощи специализированных компьютерных программ на основе FDTD-метода, подробно описанного в гл. 1. Авторы представляют коллектив одного из ведущих в мире центров по дозиметрии и моделированию ЭМ энергии применительно к проблемам биологии и медицины Foundation for Research on Information Technologies in Society, расположенного в Цюрихе, Швейцария.

При моделировании распределения поглощения ЭМП в объеме головы, выполненном в работе Christ et al. (2010), была поставлена задача определить в первую очередь, как влияет возрастное изменение биофизических свойств тканей и анатомические особенности на максимальные значения SAR и топологию распределения поглощения энергии по объему головы. По данным, полученным авторами, на значение максимальной поглощенной энергии не влияют ни возрастные изменения биофизических свойств, ни геометрические параметры головы. Однако возрастные изменения играют существенную роль в распределении поглощения по различным структурам головного мозга и головы в целом, при этом поглощение в различных структурах у детей существенно выше, чем у взрослых. Авторы приводят координатную привязку данных по экспозиции (на основе табл. 3.1) в объеме тканей головы, эквипотенциальные границы объемов, в которые включены различные структуры мозга. Результаты расчета приведены на рис. 3.2 (на с. 351), где по оси ординат даны значения SAR в дБ по отношению к максимальному значению, измеренному на гомогенном фантоме, по оси абсцисс — данные для четырех расчетных моделей, соответствующих людям разного возраста (трехлетний, шестилетний, одиннадцатилетний ребенок и взрослый). Расчет произведен для двух частотных диапазонов — 900 и 1800 МГц, для трех различных вариантов рас-

"РОДИТЕЛЬСКИЙОТПОР.РФ" информирует:
цифровая школа вредит здоровью и психике детей!

Таблица 3.1

Расстояния между входом в слуховой канал и различными областями мозга, используемые при компьютерном моделировании поглощения ЭМ энергии в тканях головы (Christ et al., 2010)

Область головного мозга	Расстояние между входом в слуховой канал и различными областями мозга, мм			
	Ребенок 3 лет	Ребенок 6 лет	Ребенок 11 лет	Взрослый
Гипоталамус	79	76	82	92
Гиппокамп слева	84	100	102	100
Гиппокамп справа	63	54	59	69
Глаз левый	117	121	124	147
Глаз правый	90	86	89	103
Шишковидная железа (эпифиз)	80	80	83	83

положения антенны сотового телефона. Таким образом, на основании расчета у детей SAR в области размещения внутренних структур, таких, как гиппокамп, гипоталамус, может быть выше более чем на 2–5 дБ по сравнению со взрослыми; SAR, поглощенная костным мозгом детей, может превышать SAR у взрослых примерно в 10 раз; в области мозжечка максимальная пространственная усредненная SAR примерно на 4 дБ выше у детей, чем у взрослых. Между тем, область размещения шишковидной железы не имеет возрастного различия SAR. Приводятся очень важные, на наш взгляд, данные поглощения в тканях глаз. SAR в этой структуре у детей также выше, чем у взрослых, при этом интенсивность поглощения составляет примерно 10 дБ от максимального значения SAR в объеме головы.

На рис. 3.3 приводится диаграмма распределения SAR в области кортекса применительно к двум моделям детского возраста (трех и семи лет), двум моделям взрослых (модель Duke и модель Visible Human). По оси ординат даны значения SAR, приведенные к 10 г ткани, по отношению к максимальному значению SAR. Максимальное различие в поглощенной энергии между взрослым и ребенком составляет величину около 5 дБ, что является очень существенной разницей, поскольку ребенок поглощает большее количество энергии.

Остановим варварские эксперименты в сфере образования вместе!

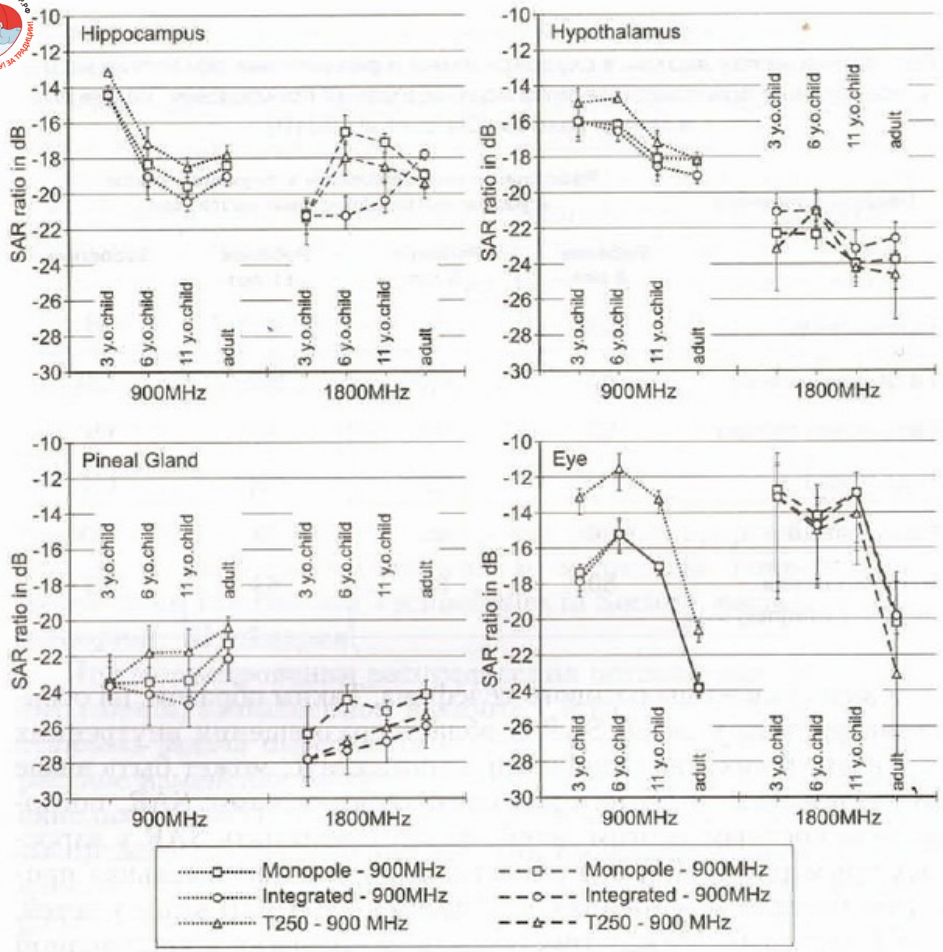


Рис. 3.2. Расчетные относительные значения поглощенной ЭМ энергии в различных областях головного мозга и в тканях глаз (Christ et al., 2010)

Таким образом, коллеги из Швейцарии делают вывод, что в среднем дети имеют повышенное облучение ряда областей головного мозга по сравнению со взрослыми, что, с одной стороны, делает их более уязвимыми, а с другой — должно быть учтено при планировании исследований, в том числе эпидемиологических. Более подробный количественный анализ поглощенной ЭМ энергии стал доступен в 2010–2011 гг. на основе использования цифрового объемного анатомического атласа Talairach (Christopoulou et al., 2010; Crespo-Valero et al., 2011). Подробное

"РОДИТЕЛЬСКИЙОТПОР.РФ" информирует:
цифровая школа вредит здоровью и психике детей!

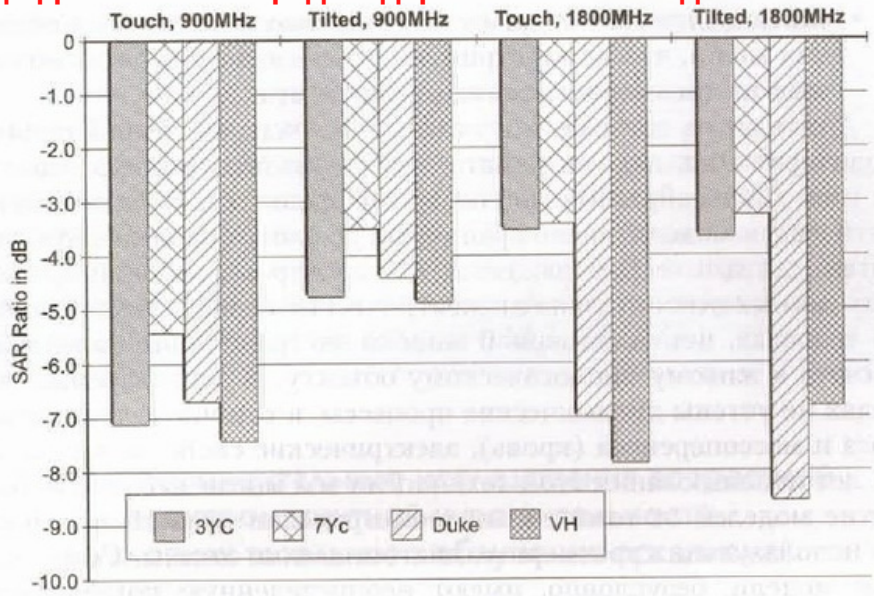


Рис. 3.3. Значение поглощенной ЭМ энергии в мозге (область коры) для различных возрастных моделей (Christ et al., 2010)

изложение этого метода приведено в гл. 1. В целом эти детальные расчеты (рис. 3.2, 3.3) полностью подтверждают ранее высказанное мнение O. Gandhi о возможности двукратного различия в мощности поглощенной дозы электромагнитной энергии между детьми и взрослыми. Кроме того, фактически подтвердилась гипотеза американского ученого J. Lin (1977) о возможности формирования точек локального максимума поглощения ЭМ энергии во внутренних областях головы, названных им «горячие точки».

Эволюция представлений об условиях и механизмах поглощения ЭМ энергии в тканях головного мозга детей претерпела несколько этапов:

- понимание того, что объем тканей головы, в котором поглощается электромагнитная энергия, по отношению к общему объему тканей головы существенно больше у ребенка, чем у взрослого;
- область ткани головного мозга, в которой происходит максимальное поглощение ЭМ энергии, топологически смещается по объему головы с увеличением возраста;

Остановим варварские эксперименты в сфере образования вместе!

"РОДИТЕЛЬСКИЙОТПОР.РФ" информирует:
цифровая школа вредит здоровью и психике детей!

поглощение ЭМ энергии неодинаково в различных областях мозга, что демонстрируют расчетные модели, основанные на трехмерном анатомическом атласе.

Анализируя данные, получаемые на основе компьютерного моделирования, надо понимать, что результаты расчета зависят от того, каким образом была построена физическая, а затем математическая модель, какие граничные условия использованы, как учтены динамические процессы. До сих пор нет верифицированных данных относительно диэлектрических свойств тканей живого человека, нет достоверной модели экстраполяции данных от расчета к живому биологическому объекту. В используемых моделях не учтены динамические процессы, в том числе термопереноса и массопереноса (кровь), электрические свойства крови. За 15 лет использования этой технологии мы могли наблюдать развитие моделей от гомогенных геометрически правильных форм до использующих трехмерные анатомические атласы. Современные модели, безусловно, имеют неопределенную погрешность, тем не менее, авторы большинства работ считают, что они дают консервативную, т.е. наиболее жесткую оценку поглощения.

Резюмируя вышесказанное, мы отмечаем, что основным выводом является наличие доказанного факта различия в распределении и поглощении электромагнитной энергии в тканях головного мозга, в том числе показана возможность более жестких условий поглощения у детей, чем у взрослых, что требует особого подхода при оценке риска:

- *многие участки мозговой ткани детей обладают большей проводимостью, чем у взрослых;*
- *у детей большее количество жизненно важных структур мозга могут подвергаться воздействию ЭМП РЧ, учитывая различия в поглощении энергии в мозге ребенка.*

Кроме того, следует учитывать, что:

- *воздействию подвергается развивающийся головной мозг, облучение мозга происходит в период формирования высшей нервной деятельности, в возрасте до 10 лет происходит наибольший прирост массы мозга;*
- *детский организм в целом обладает большей чувствительностью к факторам внешней среды;*
- *современные дети будут использовать сотовые телефоны в течение более длительного периода, чем взрослые настоящего поколения, что приведет к большей совокупной энергетической нагрузке.*

Оценивая риск использования сотовых телефонов детьми, целесообразно привести следующее официальное мнение Всемирной организации здравоохранения: «Дети отличаются от взрослых: дети имеют уникальную уязвимость, когда они растут и развиваются. Имеются "окна восприимчивости": периоды, когда, возможно, их органы и системы особенно чувствительны к действию некоторых факторов окружающей среды» (ВОЗ, «Памятная записка» № 3, 2003 г.).

3.2. Экспериментальные исследования возрастной электромагнитной чувствительности (в условиях тотального облучения организма)

Научные коллективы как в России, так и за рубежом, работающие в области оценки биологического действия ЭМП, не были подготовлены к появлению столь своеобразного источника ЭМП — сотового телефона, — который при его использовании максимально приближен к голове ребенка, в результате чего головной мозг подвергается непосредственному облучению. Учитывая это, по логике, мы в качестве ориентира в оценке опасности сотовой связи для здоровья детей обратились к опыту прошлых лет. Однако полностью использовать данные по биологическому действию ЭМП РЧ, полученные ранее на взрослых-испытателях и половозрелых животных, некорректно, так как в этом случае не учитывается период жизни ребенка до половой зрелости, в течение которого ребенок постоянно/ежедневно пользуется СТ. Кроме того, в этой ситуации нельзя учесть возможные особенности реакции детского организма на неблагоприятный фактор внешней среды, в том числе ЭМП, и возможное накопление неблагоприятного действия ЭМП за период детства.

Исходя из этого, мы считаем, что фактически в настоящее время при оценке риска ЭМП СТ для здоровья детей и подростков научные коллективы абсолютно всех стран должны начинать с «чистого листа». Между тем, по нашему мнению, возможно при оценке опасности ЭМП СТ для детей учитывать некоторые ранее установленные радиобиологические зависимости, такие как «эффекты модуляции», закономерности кумулятивных эффек-