

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный научный центр Российской Федерации —
Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»

Ю.Г. Григорьев, А.С. Самойлов

**5G-СТАНДАРТ СОТОВОЙ СВЯЗИ.
СУММАРНАЯ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ОПАСНОСТИ ПЛАНЕТАРНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ**

Москва, 2021

УДК 621.391.6:504.61

ББК 32.884.161.3

Г834

Ю.Г. Григорьев — главный н/с лаборатории радиобиологии и гигиены неионизирующего излучения ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, д.м.н., профессор, академик Российской Академии электротехнических наук, зам. председателя Бюро секции по радиобиологии РАН, член Консультативного комитета ВОЗ по Международной программе ЭМП и здоровье WHO, член НКРЗ, РНКЗНР и Международной комиссии по электромагнитной безопасности (ICEMS).

А.С. Самойлов — член-корреспондент РАН, профессор, доктор медицинских наук, генеральный директор ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Г834 Ю.Г. Григорьев, А.С. Самойлов. 5G-стандарт сотовой связи. Суммарная радиобиологическая оценка опасности планетарного электромагнитного облучения населения. — М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2021. — 200 с.

В книге рассматриваются вопросы внедрения стандарта 5G в систему сотовой связи. Технология 5G работает с миллиметровыми волнами (ММВ) с одновременным распространением программы IoT (Internet of Things) — интернет связь между «вещами», как домашнего употребления, так и другими объектами, например, на транспорте, на производстве. ММВ легко экранируются. Учитывая это, под воздействием будут находиться только кожа и склера глаз.

Представлен новый радиобиологический подход к оценке опасности 5G-стандарта. Рассмотрена значимость радиобиологических критериев и степень риска с учетом появления новых критических органов и нагрузки на уже существующие критические органы и системы при пожизненном облучении ЭМП населения. Эта точка зрения авторов использована при оценке суммарной радиобиологической опасности планетарного электромагнитного облучения населения.

Предложены пути возможного снижения электромагнитной нагрузки на население.

ISBN 978-5-905926-90-7

© ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2021

© Ю.Г. Григорьев, А.С. Самойлов, 2021

State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center
of Federal Medical Biological Agency

Yu.G. Grigoriev, A.S. Samoylov

**5G CELLULAR STANDARDS.
TOTAL RADIOBIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE DANGER
OF PLANETARY ELECTROMAGNETIC RADIATION
EXPOSURE TO THE POPULATION**

Moscow, 2021

UDC 621.391.6:504.61
LBC 32.884.161.3
G834

Yu.G. Grigoriev — Chief Scientific Officer of the Laboratory of Radiobiology and Hygiene of Non-Ionizing Radiation at the SRC — FMBC; M.D.; professor; member of Russian Academy of Electro-Technical Sciences; deputy chairman at the Bureau of the radiobiology section of RAS; member of the WHO Advisory Committee on the international EMF and health program; member of NCCR, RNCNR and ICEMS.

A.S. Samoylov — corresponding member of RAS; professor; M.D.; General Director of SRC — FMBC.

G834 Yu.G. Grigoriev, A.S. Samoylov. 5G-cellular standards. Total radiobiological assessment of the danger of planetary electromagnetic radiation exposure to the population — M.: SRC — FMBC, 2021. — 200 p.

The book discusses the implementation of the 5G-standard in the cellular communication system. 5G-technology works with millimeter waves (MMW) with simultaneous distribution of the IoT (Internet of Things) program — Internet connection between «things», both for home use, and other objects, for example, in transport, in production. MMW are easily shielded. Given this, only the skin and sclera of the eyes will be affected.

A new radiobiological approach to hazard assessment of the 5G-standard is presented. The significance of radiobiological criteria and the degree of risk are considered, taking into account the appearance of new critical organs and the load on existing critical organs and systems during lifetime exposure to EMF in the population. This point of view of the authors is used to assess the total radiobiological danger of planetary electromagnetic radiation exposure to the population.

Ways of possible reduction of the electromagnetic load on the population are suggested.

ISBN 978-5-905926-90-7

© SRC — FMBC, 2021

© Yu.G. Grigoriev, A.S. Samoylov, 2021

*«Мы должны сохранить жизнь и
обеспечить безопасность наших людей»*

В.В. Путин

АКТУАЛЬНОСТЬ КНИГИ

Как в России, так и в странах за рубежом на протяжении нескольких последних лет идут активные дискуссии о перспективном предложении оптимизации сотовой связи — планетарном внедрении нового 5G-стандарта, что будет гарантировать быструю передачу большого объема данных. В этих целях будут использоваться электромагнитные волны миллиметрового диапазона (ММВ).

Техноэкономическое преимущество этого предложения очевидно и широко информируется СМИ во многих странах. Однако остается не ясным вопрос о степени опасности этого вида электромагнитного излучения для здоровья населения и экологической среды.

К сожалению, обращения ученых и медицинских работников в ООН и Евросоюз о необходимости предварительного проведения медико-биологических исследований перед внедрением 5G-стандарта остаются вне реальной реализации. Ряд стран отказывается от размещения 5G-стандарта на их территории.

Книга Ю.Г. Григорьева и А.С. Самойлова «5G-СТАНДАРТ СОТОВОЙ СВЯЗИ. СУММАРНАЯ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ПЛАНЕТАРНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ» рассматривает вопросы внедрения стандарта 5G в систему сотовой связи. В отличие от уже существующих беспроводных технологий 2G, 3G и 4G, где используются электромагнитные поля радиочастотного диапазона, стандарт 5G работает с миллиметровыми волнами с одновременным распространением программы IoT (Internet of Things) — интернет связь между «предметами», как домашнего

употребления, так и другими объектами, например, на транспорте и на производстве.

Для стабильной доставки ММВ на всю территорию нашей планеты используются спутники Земли. Для реализации программы повсеместного доступа к интернету планируется запустить 4 425 спутников, но уже сейчас в космосе по этой программе находится 800 спутников. Необходимо отметить, что в настоящее время на орбите находятся нескольких тысяч спутников, что вызывает большие беспокойства у астрономов и службы безопасности пилотируемых космических полетов России.

Фактически все население будет находиться пожизненно в электромагнитной сетке миллиметровых волн и избежать их воздействия никто не сможет.

ММВ легко экранируются. Естественно, для покрытия определенной территории миллиметровой сотой, потребуется увеличение количества базовых станций (БС). Например, при радиусе соты только 20 метров потребуется около 800 базовых станций на площадь один квадратный километр и расположенных в 3-5 метрах от потребителя. Это резко контрастирует, например, со стандартами 3G и 4G, которые используют большие ячейки и имеют радиусы действия своих сот в диапазонах от 2 до 15 км и более.

Учитывая, что ММВ поглощаются в биотканях на глубине до 2 мм, то под их воздействием будут находиться только кожа и склера глаз. Поэтому авторы справедливо считают, что при оценке опасности ММВ необходимо обязательно учитывать появление новых критических органов — кожи и глаза. Кожа является очень сложной биоструктурой, имеет большое число рецепторов и фактически является «биоретранслятором» между внешней средой и функциональным состоянием организма.

Естественно, внедрение 5G-технологии ставит новые вопросы. Во-первых, техническая часть обеспечения данного вида

связи. Необходимо значительно большее число антенн базовых станций с микроантеннами на единицу площади с поддержкой через спутниковую связь. Во-вторых, отсутствие согласованной методологии гигиенического нормирования. В-третьих, имеются лишь предположения о возможных биологических эффектах при пожизненном воздействии ММВ на население и экосистемы. Отсутствуют данные о возможных биоэффектах при постоянном воздействии ММВ на кожу и склеру глаз. Целенаправленные исследования до сих пор не проводятся как в России, так и за рубежом.

Имеются различные точки зрения на оценку опасности этой новой технологии. Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения (ICNIRP) и Федеральная комиссия по связи США (FCC) оценивают опасность только по критерию прибавления поглощённой дозы уже к существующим стандартам. Это прибавление незначительное и поэтому существующие стандарты FCC и ICNIRP, утвержденные еще в 1996 году, не пересматриваются. Международные стандарты, несмотря на критику научной общественности и Евросоюза, уже на протяжении более 20 лет остаются без изменений.

Авторы рецензируемой книги считают такой подход ошибочным, т.к. в данном случае не учитывается лучевая нагрузка на новые критические органы — кожу и глаза. Они рассмотрели значимость радиобиологических критериев и степень риска с учетом появления новых критических органов и нагрузки на уже существующие критические органы и системы с учетом пожизненного облучения ЭМП населения. С учетом этой точки зрения, в книге представлена оценка суммарной радиобиологической опасности планетарного электромагнитного облучения населения.

В книге предложены новые пути возможного снижения электромагнитной нагрузки с учетом 5G на население. Необходимо разъяснить населению, что ЭМП относится к вредным

видам излучения и их безопасность нормируется определенными гигиеническими стандартами. Воздействие ЭМП с превышением этих стандартов может отрицательно повлиять на здоровье пользователя сотовой связи. В связи с этим, население должно строго соблюдать уже существующие гигиенические рекомендации. Однако, большинство людей воспринимает гаджеты просто как элемент удобного повседневного общения без ограничения разговора по времени, как игрушку для детей, для развлечения, используя сотовую связь без необходимости. Население должно осмыслить, что, нарушая гигиенические рекомендации, оно подвергает себя определённому риску. Эту опасность надо настойчиво разъяснять и, прежде всего, через СМИ. Рекомендовано внедрить такое понятие как «осознанный риск».

Это первое обобщение по проблеме опасности 5G-технологии, как в России, так и за рубежом. Издание книги является своевременным.

*Академик РАН
Л.А. Ильин*

RELEVANCE OF THE BOOK

Both in Russia and in countries abroad, there have been active discussions over the past few years about a promising proposal for optimizing cellular communications — the planetary introduction of a new 5G-standard that will guarantee fast transmission of a large amount of data. For this purpose, millimeter waves (MMW) will be used.

The techno-economic advantage of this offer is obvious and widely reported by the media in many countries. However, the degree of danger of this type of electromagnetic radiation to public health and the environment remains unclear.

Unfortunately, the appeals of scientists and medical professionals to the UN and the European Union about the need for preliminary medical and biological research before implementing the 5G-standard remain beyond real implementation. A number of countries refuse to place the 5G-standard on their territory.

Book by Yu.G. Grigoriev and A.S. Samoylov «5G-CELLULAR STANDARD. TOTAL RADIOBIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE DANGER OF PLANETARY ELECTROMAGNETIC RADIATION EXPOSURE TO THE POPULATION» considers the implementation of the 5G-standard in the cellular communication system. Unlike existing wireless technologies 2G, 3G and 4G, which use electromagnetic fields of the radio frequency range, the 5G-standard works with millimeter waves with simultaneous distribution of the IoT (Internet of Things) program — Internet communication between «objects», both for home use and other objects, for example, in transport and in production.

For stable delivery of MMW to the entire territory of our planet, Earth satellites are used. It is planned to launch 4 425 satellites for the implementation of the universal Internet access program, but

there are already 800 satellites in space under this program. It should be noted that there are currently several thousand satellites in orbit, which is of great concern to astronomers and the security service of manned space flights in Russia.

In fact, the entire population will be trapped for life in the electromagnetic grid of millimeter waves and no one will be able to avoid their impact.

MMW are easily shielded. Naturally, to cover a certain area with a millimeter cell, you will need to increase the number of base stations (BS). For example, with a cell radius of only 20 meters, you will need about 800 base stations per square kilometer and located 3-5 meters from the consumer. This is in sharp contrast, for example, with 3G and 4G-standards, which use large cells and have ranges from 2 to 15 km or more.

Given that MMV is absorbed in biotissues at a depth of up to 2 mm, only the skin and sclera of the eyes will be affected by them. Therefore, the authors rightly believe that when assessing the risk of MMV, it is necessary to take into account the appearance of new critical organs — the skin and eyes. The skin is a very complex biostructure, has a large number of receptors and is actually a «bio-relay» between the external environment and the functional state of the body.

Naturally, the introduction of 5G-technology raises new questions. First, the technical part of providing this type of communication. A significantly larger number of micro-antenna base station antennas per unit area with satellite support is needed. Second, there is a lack of a consistent methodology for hygienic rationing. Third, there are only assumptions about possible biological effects in the lifetime impact of MMW on populations and ecosystems. There are no data on possible bioeffects with constant exposure to MMV on the skin and sclera of the eyes. Targeted research is still not carried out both in Russia and abroad.

There are different perspectives on the assessment of the dangers of this new technology. The international Commission on non-ionizing radiation protection (ICNIRP) and the Federal communications Com-

mission (FCC) assess the hazard only by adding the absorbed dose to existing standards. This is a small addition, and therefore the existing FCC and ICNIRP standards, approved in 1996, are not being revised. International standards, despite criticism from the scientific community and the European Union, have remained unchanged for more than 20 years.

The authors of the reviewed book consider this approach erroneous, because in this case, the radiation load on new critical organs — the skin and eyes-is not taken into account. They considered the significance of radiobiological criteria and the degree of risk, taking into account the emergence of new critical organs and the load on existing critical organs and systems, taking into account the lifetime exposure of the population to EMF. From this point of view, the book presents an assessment of the total radiobiological danger of planetary electromagnetic radiation exposure to the population.

The book offers new ways to reduce the electromagnetic load, taking into account 5G on the population. It is necessary to explain to the population that EMF is considered harmful and their safety is regulated by certain hygiene standards. Exposure to EMF that exceeds these standards may negatively affect the health of the mobile user. In this regard, the population should strictly follow the existing hygiene recommendations. However, most people perceive gadgets simply as an element of convenient everyday communication without time limits, as a toy for children, for entertainment, using cellular communication without the need. The population should understand that by violating hygiene recommendations, they are putting themselves at a certain risk. This danger must be persistently explained and, above all, through the media. It is recommended to introduce such a concept as «conscious risk».

This is the first generalization on the problem of the danger of 5G-technologies, both in Russia and abroad. The edition of the book is timely.

Academician of RAS
L.A. Ilyin

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	19
Список сокращений	22
Глава 1. 5G-стандарт — новое пятое поколение сотовой связи	27
1.1. Основные характеристики 5G-стандарта	27
1.1.1. Формирование ММВ поля	32
1.1.2. Дозиметрия	36
1.1.3. Нормирование	37
1.2. К оценке опасности для населения	46
1.2.1. Кожа и глаз (склера) — новые крити- ческие функциональные системы	47
1.2.2. Возможное влияние ММВ на здоро- вье населения	51
1.2.3. Иммуитет и ММВ	70
1.2.4. Реакция зарубежных стран на вне- дрение новой 5G-технологии	77
1.3. Суждение авторов об опасности	80
Глава 2. Суммарная оценка опасности планетарного электромагнитного облучения населения	81
2.1. Характеристика существующей электро- магнитной обстановки	82
2.1.1. Базовые станции, Wi-Fi	82

2.1.2. Абонентские терминалы. Мобильные телефоны	85
2.1.3. Гигиенические стандарты при технологии 2G, 3G и 4G	87
2.2. Критические соматические органы и системы	95
2.2.1. Головной мозг и рецепторы слухового, вестибулярного и отолитового анализаторов	95
2.2.2. Щитовидная железа	112
2.2.3. Иммунная система	114
2.2.4. Репродуктивная система	127
2.2.5. Отдаленные последствия. Опухоли мозга и щитовидной железы	136
2.2.6. Детский организм. Уязвимость к ЭМП .	146
2.3. К суммарной оценке опасности 3G, 4G и 5G .	162
2.4. Пути возможного снижения электромагнитной нагрузки на население. Необходимые ближайшие шаги	165
Список литературы	168

TABLE OF CONTENTS

Introduction	19
Abbreviations	22
Chapter 1. 5G-standard — the new fifth generation of cellular communication	27
1.1. Basic features of the 5G-standard	27
1.1.1. Formation of MMW field	32
1.1.2. Dosimetry	36
1.1.3. Rationing	37
1.2. To assess the danger to the population	46
1.2.1. Skin and eye — new critical functional systems	47
1.2.2. Potential impact of the MMW on public health	51
1.2.3. Immunity and MMW	70
1.2.4. Foreign countries' reaction to the introduction of new 5G-technology	77
1.3. Authors' views on the danger	80
Chapter 2. Overall assessment of the hazard of planetary electromagnetic exposure of the population	81
2.1. Characterization of the existing electromagnetic environment	82
2.1.1. Base stations, Wi-Fi	82
2.1.2. User terminals. Mobile phones	85

2.1.3. Hygiene standards with 2G, 3G and 4G technology	87
2.2. Critical somatic organs and systems	95
2.2.1. The brain and receptors of the audi- tory, vestibular and otolith analyzers	95
2.2.2. Thyroid	112
2.2.3. Immune system	114
2.2.4. Reproductive system	127
2.2.5. Remote effects. Brain and thyroid cancer .	136
2.2.6. Children’s bodies. Vulnerability to EMF .	146
2.3. Towards an overall hazard assessment of 3G, 4G and 5G	162
2.4. Possible ways to reduce the electromagnetic load on the population. Next steps required	165
References	168

ВВЕДЕНИЕ

Уже более 30 лет продолжается в мировом сообществе дискуссия об опасности электромагнитных полей (ЭМП) для здоровья населения. За это время в структуре сотовой связи уже используются технологии 2G, 3G и 4G, а в настоящее время дополнительно внедряется новая технология 5G. На международном уровне, во многих странах созданы официальные комитеты, форумы и общественные доверенные комитеты, научные альянсы и др. для решения этой проблемы. Например, созданы Консультативный комитет ВОЗ по Международной программе «ЭМП и здоровье населения», Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения (ICNIRP), рабочая группа «BioInitiative», Международная комиссия по электромагнитной защите (ICEMS) и др.

Более 20 лет работает Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений (РНКЗНИ). Решения Комитета об опасности для населения, включая детей, разосланы ВОЗ во многие страны мира. На основе этих решений были разработаны в 2003 году соответствующие рекомендации, представленные в СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 от 2003 год [102].

Однако до сих пор мы не имеем адекватной информации, как основы для оценки риска воздействия ЭМП сотовой связи (СС) на здоровье населения. Причинами отсутствия единой точки зрения на оценку опасности для населения ЭМП сотовой связи являются, с нашей точки зрения, заинтересованность телекоммуникационной промышленности в получении отрицательных результатов об опасности для населения ЭМП сотовой связи. Как известно, промышленностью ангажируются многие ученые, которые проводят исследования по этой проблеме и занимают ведущие посты в некоторых авторитетных Междуна-

родных организациях. Кроме того, проводится много локальных исследований с получением второстепенных результатов.

Игнорируется понятие «критический орган», как базовое понятие для радиобиологической оценки опасности ЭМП сотовой связи (СС), например, головной мозг, щитовидная железа, кожные покровы тела, иммунная система, репродуктивная система, онтогенез. Не учитывается возможность накопления неблагоприятных эффектов, определение остаточного ущерба (отдаленные соматические и психофизиологические последствия), сокращение средней продолжительности жизни, пожизненный радиационный риск, наличие детей в группе риска и др.

Реальное внедрение в нашу повседневную жизнь СС значительно изменило ситуацию техногенного электромагнитного загрязнения внешней среды, значительно увеличило воздействие ЭМП на все группы населения, включая детей. Отсутствуют обобщения с адекватной информацией, позволяющей оценить степень риска для здоровья населения при суммарном пожизненном воздействии ЭМП различных частот. Есть основания утверждать, что добавление высокочастотного 5G-излучения к уже сложному сочетанию более низких частот, будет способствовать негативным последствиям, как для физического, так и психического здоровья населения.

Кибер-воздействие миллиметровых волн (ММВ) 5G-технологии значительно усложняет уже существующие подходы к оценке опасности и делает проблематичной задачу защиты населения от постоянного пожизненного облучения ММВ.

Во многих странах имеется полное пренебрежение принципом предосторожности, предложенным ВОЗ [298]. Это происходит на фоне периодически появляющихся публикаций, что мобильная связь не опасна для здоровья населения. Белый дом США объявил 5G-технологии приоритетной в программе национальной безопасности [168].

Необходимо отметить, что введение 5G-стандарта — это не просто следующее поколение мобильной связи после 2G, 3G

и 4G в целях комфорта нашей жизни, но параллельно и разработка в США нового типа военной технологии, а так же возможного использования в «контроле над толпой» (Active Denial Systems).

В США Федеральная комиссия по связи выделила спектр миллиметровых волн для работы 5G-стандарта (0,6 ГГц; 24,25 ГГц — 25,25 ГГц; 27,5 ГГц — 28,35 ГГц; 37 ГГц — 40 ГГц и 64 ГГц — 71 ГГц) без проведения предварительных исследований на их безопасность для населения.

К большому сожалению, уже более чем 30 лет продолжают противоречия в отношении ущерба от современных беспроводных технологий 2G, 3G и 4G. Эта проблема усложняется в связи с внедрением 5G-стандарта. Оценка воздействия ЭМП СС становится еще более проблематичной, особенно в эпидемиологическом плане, поскольку после внедрения 5G не останется контрольных групп населения, которые не подвергались бы электромагнитному воздействию, что не позволит получить данные о специфических эффектах электромагнитного поля радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) и миллиметровых волн (ММВ). Кроме того, необходимо учитывать, что наблюдаемые эффекты могут усиливаться из-за синергетического токсического воздействия и других распространенных неблагоприятных факторов внешней среды.

5G-стандарт не только количественно отличается от 2, 3 и 4G, но и качественно. Ошибочно считать, что внедрение 5G-стандарта это просто повышение уровня облучения населения. Использование технологии миллиметровых волн может привести к значительному повышению уровня опасности в связи с постоянным облучением новых критических органов, таких, как кожа и глаза. Это новый радиобиологический подход к оценке опасности 5G.

Авторы книги уверены, что когда сменится несколько поколений, станут известны истинные последствия для здоровья всех групп населения и существующего образа жизни.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

5-ОИУК	5-оксииндолуксусная кислота
AAEM	American Academy of Environmental Medicine (Американская академия экологической медицины)
ACNEM	Australasian College of Nutritional and Environmental Medicine (Австралийский колледж диетологии и медицины окружающей среды)
ANSI	American national standards institute (Американский национальный институт стандартов)
ARPANSA	Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (Австралийское агентство по радиационной защите и ядерной безопасности)
BEMS	Bioelectromagnetics Society (Общество биоэлектромагнетиков)
BSEM	British Society for Ecological Medicine (Британское общество экологической медицины)
CDMA	Code Division Multiple Access (стандарт связи второго поколения)
CDRH	Center for Devices and Radiological Health (Центр устройств и радиологического здоровья США)
COMAR	Авторский коллектив производственного профиля США
ECERI	Европейский институт исследований рака и окружающей среды
EMF	Electromagnetic field (электромагнитное поле)

EUROPAEUM	Европейская академия медицины окружающей среды
FCC	Federal Communications Commission (Федеральная комиссия по связи США)
FDA	States Food and Drug Administration (Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США)
GBM	Glioblastoma Multiforme (Глиобластома мультиформная)
GSM	Global System for Mobile Communications (Глобальный стандарт цифровой мобильной сотовой связи)
GST	Глутатион S-трансферазы
IARC	International Agency for Research on Cancer (Международное агентство по исследованиям рака)
ICEMS	International Committee on Electromagnetic Safety (Международная комиссия по электромагнитной защите)
ICNIRP	The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Институт инженеров электротехники и электроники)
IoT	Internet of Things (Интернет вещей)
ISDE Italia	Associazione Medici per l'Ambiente (Итальянская ассоциация врачей-экологов)

MIMO	Multiple Input Multiple Output (Метод пространственного кодирования сигнала)
MMW	Millimeter waves (Миллиметровые волны)
NAEM USA	Национальная ассоциация экологической медицины
NCI	National Cancer Institute (Национальный институт онкологии США)
NIHNS	National Institute of Environmental Health Sciences (Национальный институт исследования здоровья окружающей среды)
NIR	Non-Ionizing Radiation (неионизирующее излучение)
NTP	National Toxicology Program (Национальная программа токсикологии в США)
ONS	Office for National Statistics (Национальная статистическая служба)
PD	Power Density (плотность мощности)
PHIRE	Инициатива врачей в области радиации и окружающей среды
RF	Radiofrequency (радиочастотный)
SAR	Specific Absorption Rate (Удельный коэффициент поглощения)
SEER-9	Surveillance, Epidemiology And Results-9 (Наблюдения, эпидемиологические и конечные результаты)
SER	Эпидемиологическая программа наблюдений
SNRV	Шведский национальный комитет по исследованиям в области радионаук

SSM	Strålsäkerhetsmyndigheten (Шведский Комитет по радиационной защите)
ТА	Антиоксидант
TBARS	Тиобарбитурованная кислота
WHO	World Health Organization
АФК	Активная форма кислорода
БАТ	Биологически активные точки
БС	Базовая станция
ВОЗ	Всемирная организация здравоохранения
ГЗТ	Гиперчувствительность замедленного типа
ГЭБ	Гематоэнцефалический барьер
ДНК	Дезоксирибонуклеиновая кислота
ДОФУК	Диоксифенилуксусная кислота
ЕС	Европейский союз
МЗ	Министерство здравоохранения
МКРЗ	Международная комиссия по радиологической защите
ММВ	Миллиметровые волны
ММВТ	Миллиметровая волновая терапия
МПД	Мощность поглощенной дозы
МТ	Мобильный телефон
МЭК	Международная электротехническая комиссия
НПО	Неправительственная организация
НХЛ	Неходжкинская лимфома

ООН	Организация Объединённых Наций
ПДУ	Предельно допустимый уровень
ППЭ	Плотность поглощенной энергии
РАН	Российская академия наук
РЛС	Радиолокационные станции
РНК	Рибонуклеиновая кислота
РНКЗНИ	Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений
РС	Репродуктивная система
РЧ	Радиочастотный диапазон
СМИ	Средства массовой информации
СС	Сотовая связь
СТ	Сотовый телефон
ФГБУН	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ЩЖ	Щитовидная железа
ЭМИ	Электромагнитное излучение
ЭМП	Электромагнитное поле
ЭЭГ	Электроэнцефалография

ГЛАВА 1. 5G-СТАНДАРТ — НОВОЕ ПЯТОЕ ПОКОЛЕНИЕ СОТОВОЙ СВЯЗИ

1.1. Основные характеристики 5G-стандарта

В отличие от уже существующих беспроводных технологий 2, 3 и 4G, где используются электромагнитные поля радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ), стандарт 5G работает с миллиметровыми волнами (ММВ). Термин «миллиметровые волны» относится к чрезвычайно высокочастотным (30-300 ГГц) электромагнитным колебаниям.

Данная технология позволяет резко увеличить объем и скорость передачи информации. Однако имеется проблема доставки сигнала до потребителя. В связи с этим, для обеспечения стабильной связи на всей территории нашей планеты, в настоящее время в космосе уже находится около одной тысячи спутников.

Проблемными являются задачи отсутствия методов измерения ММВ в «ближней зоне», нет согласованной методологии гигиенического нормирования, имеются лишь предположения о возможных неблагоприятных биологических эффектах при пожизненном воздействии ММВ на население и экосистемы.

ММВ испытывают сильное затухание при распространении в земной атмосфере. Затухание вызвано резонансным поглощением энергии волн в атмосферных газах, а также затухание сильно зависит от погодных условий (дождь, туман, снег и др.). В основе затухания стоит маленькая длина волны. Вследствие этого земные радиосистемы миллиметрового диапазона характеризуются малой дальностью действия (от десятков километров до нескольких сотен метров).

ММВ легко поглощаются тканями и проникают максимум на 1-2 мм. Учитывая это, под воздействием у человека будут находиться только кожные покровы тела и поверхностные слизистые — склера глаз. **По-нашему мнению, при оценке опасности ММВ для здоровья населения необходимо учитывать новые критические органы — кожу тела и склеру глаз.**

Естественно, при использовании ММВ для покрытия определенной территории сотой, потребуются увеличение количества базовых станций (БС). Например, при радиусе соты 20 метров потребуется около 800 базовых станций на площадь один квадратный километр, расположенных в 3-5 метрах от потребителя. Многие 5G-антенны будут находиться в нескольких шагах от домов жителей. Это резко контрастирует, например, со стандартами 3G и 4G, которые используют большие ячейки и имеют радиусы действия своих сот в диапазонах от 2 до 15 км и более. Это позволяет охватывать большую территорию и требует меньшее число БС.

БС с микроантеннами будут окружать нас всюду: будут располагаться на уже существующих БС технологий 2, 3 и 4G, на всех перекрестках, на лестничных клетках, в квартире и т.д.

По данным Moskowitz J.M. (2017) [273] только в Калифорнии потребуется дополнительно более 50 000 БС. В школьных или офисных зданиях на каждом этаже планируется разместить несколько микроволновых антенн, так называемых «маленьких ячеек». Антенны могут иметь размеры около нескольких миллиметров, а антенные ячейки — малые габариты. БС пятого поколения будет следить за пользователем за счет фазированной решетки, как в РЛС, а не излучать просто в пространство. Это будет дополнением к уже существующим технологиям. Что касается «гаджетов», то они тоже будут поддерживать одновременно несколько стандартов и синхронно смогут работать для разных задач.

Планируется, что пятое поколение телекоммуникационных технологий (5G) будет иметь фундаментальное значение для создания европейского гигабитного общества уже к 2025 году. Для «более удобного и легкого образа жизни», предлагается также реализовать новое поколение более коротких высокочастотных волн 5G для связи по программе «Интернет вещей» (Internet of Things — IoT). Эти сети должны будут связывать различные объекты с интернетом. Согласно оценкам, для IoT должно быть от 10 до 20 миллиардов подключений к холодильникам, стиральным машинам, камерам наблюдения, автомобилям с автоматическим управлением, автобусам, к дорожному полотну и т.д. Антенны и устройства будут постоянно находиться в непосредственной близости от тела пользователей. Все это приведет к экспоненциальному увеличению общего долгосрочного воздействия ЭМП на население.

Для обеспечения глобальной связи в марте 2018 года Федеральная комиссия по связи США (FCC) утвердила план фирмы SpaceX о запуске вокруг Земли 4 425 спутников. В 2020 уже запущено более 800 спутников. В настоящее время фирма SpaceX обратилась к FCC с просьбой увеличить количество спутников до 12 000, чтобы обеспечить из космоса на каждый квадратный метр земли «сверхбыстрый, без запаздывания 5G-интернет» — интернет в любой точке мира.

Поглощение чистой атмосферой может уменьшить мощность ММВ почти в десять раз. Основным препятствием будут облака и дожди. Поэтому уже начали использовать фазированные решетки для того, чтобы в достаточной мере сконцентрировать пучки лучей с тем, чтобы они надежно достигли земли. Спутники будут находиться в двух орбитальных плоскостях на высоте 1100 км и 340 км. Военные спутники уже используют фазированные решетки. Сегодня спутники считаются неотъемлемой частью запуска стандарта 5G и IoT, как следствие, интернет будет действовать по всей планете.

Необходимо отметить, что сейчас на орбите около нескольких тысяч спутников, что вызывает большие беспокойства у астрономов и у службы радиационной безопасности пилотируемых космических полетов.

Фактически все население будет находиться пожизненно в электромагнитной сетке миллиметрового излучения, выскочить из которой никто не сможет (рис. 1).

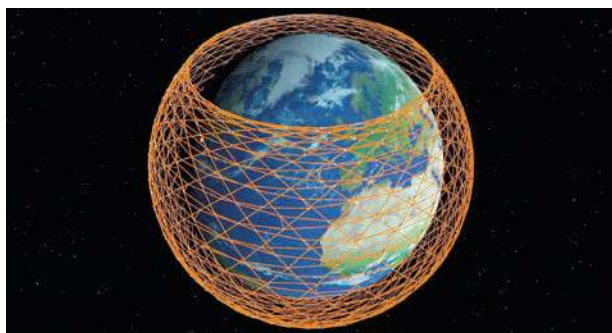


Рис. 1. Абстрактное восприятие всемирного интернета 5G

Одновременно, сама телекоммуникационная отрасль прибегает к недобросовестному лоббированию и активно пытается формировать мнение об отсутствии опасности технологии 5G для здоровья населения. Предлагается подождать и с пересмотром нормативов: «Сначала нам нужно посмотреть, как будет применяться эта новая технология, и как будут развиваться научные данные» (Foster K.R., 2019) [184]. Это высказывание призывает, по нашему мнению, к проведению т.н. «Массового 5G-эксперимента».

Научной общественности надо быстрее «погружаться» в эту проблему (Григорьев Ю.Г., 2020) [51]. В 2015 году более 260 ученых и врачей обратились в ООН с просьбой объявить мораторий на развертывание 5G до тех пор, пока независимые от отрасли ученые смогут полностью и объективно оценить риски для здоровья, связанные с этой новой технологией (International

appeal, 2015) [234]. Один из авторов этой книги поставил свою подпись под этим обращением. Приводим текст-обоснование этого обращения:

«Многочисленные недавние научные публикации показали, что ЭМП воздействует на живые организмы на энергетических уровнях, значительно ниже большинства международных и национальных рекомендаций. Эффекты включают повышенный риск рака, клеточный стресс, увеличение вредных свободных радикалов, генетические повреждения, структурные и функциональные изменения репродуктивной системы, дефицит обучения и памяти, неврологические расстройства и негативное влияние на общее самочувствие человека. Ущерб выходит далеко за пределы человеческого рода, поскольку появляется все больше свидетельств о вредном воздействии, как на растения, так и на жизнь животных.

В 2018 году исследование, стоимостью 30 миллионов долларов, проведенное Национальной токсикологической программой США, сообщило о «четких доказательствах» того, что два года воздействия радиации сотового телефона увеличили риск рака у самцов крыс и повредили ДНК у крыс и мышей обоих полов. Институт Рамаззини повторил ключевое открытие NTP, используя гораздо более слабое радиационное воздействие от сотового телефона на протяжении жизни крыс.

Международное агентство ВОЗ по изучению рака в 2011 году классифицировало радиочастотное излучение как «возможно канцерогенное для человека». Мы наблюдаем рост опухолей головы и шеи в онкологических реестрах многих стран, что может быть связано с распространением использования беспроводных устройств. Это увеличение согласуется с эпидемиологическими исследованиями случай-контроль, которые выявили повышенный риск опухолей у людей, длительно пользующихся мобильными телефонами.

Более того, существуют серьезные научные доказательства того, что радиочастотное излучение вызывает неврологические расстройства и вред репродуктивной системе.

Объем рецензируемых научных данных о более ранних технологиях предполагает, что воздействие микроволн и миллиметровых волн, используемых в 5G, вероятно, вредно».

Однако внедрение в структуры сотовой связи 5G-стандарта во многих странах идет настойчиво и быстро при полном отсутствии государственных научных программ по оценке опасности для здоровья населения.

Проблема заключается в том, что в настоящее время невозможно точно смоделировать или измерить реальные воздействия ММВ, достоверно оценить опасность — отсутствуют длительные многолетние наблюдения, мы не знаем возможные отдаленные последствия.

1.1.1. Формирование ММВ поля

Электромагнитные поля миллиметрового диапазона 5G-стандарта сильно отличаются от полей предыдущих поколений из-за их сложности с формированием луча для передачи в обоих направлениях — от базовой станции к терминалу клиента и для возврата сигнала. Хотя поля и сильно сфокусированы, но они быстро изменяются при своем движении как во времени, так и в пространстве, и поэтому непредсказуемы.

5G использует технологии, при которых еще предстоит изучить воздействие ЭМП на здоровье населения, включая формирование луча и массивный метод пространственного кодирования сигнала (MIMO). Эти новые технологии могут повысить риск переоблучения от коротких вспышек интенсивного излучения. Многие ученые обеспокоены краткосрочными эффектами нагревания.

Например, при воздействиях, связанных с использованием мобильного телефона, FCC определило количество локального SAR ткани 1,6 Вт/кг для одного грамма ткани тела. Среднее значение 0,08 Вт/кг в 1 г ткани тела было установлено для облучения всего тела. Эти ограничения для SAR были установлены для населения, чтобы избежать теплового стресса всего тела и чрезмерного локального нагрева тканей. Преследовалась цель избежать биологических последствий в ответ на индуцированное ММВ повышение температуры тела на 1°C или более при усредненном времени в 6 мин. Однако ММВ генерируют значительно более высокую плотность мощности (PD) и удельную скорость поглощения (SAR), чем существующие сотовые технологии — стандарты 3G и 4G. Эта повышенная экспозиция может быть вызвана не только использованием более высоких частот в 5G, но также и возможностью объединения различных сигналов, их динамической природой и сложными эффектами помех, которые могут возникнуть, особенно в густонаселенных городских районах.

Проблема заключается в том, что в настоящее время невозможно точно не только смоделировать или измерить выбросы 5G в окружающую среду, но и характеризовать взаимодействие ММВ с биологическими структурами.

В ходе моделирования Kim S. и Nasim I. (2020) [249] обнаружили, что использование сотового телефона 5G на частоте 28 ГГц может превышать установленные ICNIRP международные стандарты радиочастотного воздействия, если держать СТ на расстоянии ближе чем 8 см к голове или к телу. Это означает, что для соблюдения предела воздействия ICNIRP потребуется большее расстояние, например от головы, чем 8 см. Если пользователь разговаривает по голосовому вызову, это будет прямое облучение головы.

Gandhi O. и Riazzi A. (1986) [190] посвятили свои исследования характеристике абсорбции ММВ телом человека и



Gandhi Om — профессор на кафедре электротехники и вычислительной техники, Университет Юты

оценке значимости биологических последствий. Полученные значения весьма значимы для прогноза опасности для населения при пожизненном воздействии ММВ. С учетом глубины проникновения ММВ в кожу были рассчитаны поверхностные значения SAR до 65-357 Вт/кг для плотности мощности падающего излучения, соответствующей директиве Американского национального института стандартов (ANSI), равной 5 мВт/см². Поскольку большая часть поглощения миллиметровых волн находится в области кожных тепловых рецепторов (0,1-1,0 мм), ощущения от поглощенной энергии, по мнению авторов, будут похожи на ощущения от воздействия инфракрасного излучения. Для последнего порог восприятия тепла составляет около 0,67 мВт/см². При ППЭ порядка 8,7 мВт/см² могут появиться ощущения «очень тепло-жарко» с задержкой 1,0±0,6 секунд.

В описываемой выше работе авторы также указывают на необходимость оценки «глазных эффектов» облучения миллиметровым излучением из-за высокого SAR в роговице. Интенсивность облучения в 7 мВт/см² может вызывать ощущения нагрева роговицы — «очень тепло или жарко», с задержкой 1,0±0,6 сек.

Представляется важным оценить влияние одежды и материалов одежды на поглощение миллиметрового излучения, поскольку эти материалы могут изменять влияние ММВ на кожу. Gandhi O. и Riaz A. (1986) [190] получили данные о коэффициенте поглощения ММВ для человеческого тела с одеждой и без одежды. От 90 до 95% падающей энергии может по-

глощаться кожей с сухой одеждой, с промежуточным воздушным зазором или без него, действуя как трансформатор, т.е. сухая одежда поглощает только 5-10%. Vjarnason J. с соавторами (2004) [160] измерили затухание в восьми распространенных материалах одежды (шерсть, лен, кожа и др.) толщиной менее 2,2 мм в диапазоне частот от 100 ГГц до 1,2 ТГц. Затухание, вызванное каждым из образцов материала, никогда не превышало 3 дБ для всех измеренных частот ниже 350 ГГц. Gatesman A. с соавторами (2006) [200] измерили затухание в шести различных материалах одежды (хлопковая рубашка, джинсовая ткань, драпировка, кожа, свитер и толстовка) с толщиной менее 2,1 мм для параллельной и перпендикулярной поляризации. Материалы снова не ослабили передаваемую мощность более чем на 3 дБ при частотах выше 350 ГГц.



Профессор Lin J.

Результаты показали, что ослабление миллиметровых волн в большинстве материалов одежды незначительно. Одежда, непосредственно контактирующая с кожей, может действовать как трансформатор импеданса, что приводит к усилению передачи энергии в тело. Важно для оценки опасности, что распространенное мнение, что сухая одежда полностью поглощает ММВ и возможно облучение только малых участков кожи, не находит своего подтверждения. Естественно, большие размеры облученной кожи будут значимы при оценке опасности для организма.

Подводя итоги разделу «Формирование поля», считаем необходимым обратить внимание на точку зрения главного редактора всемирно известного журнала «BIOELECTROMAGNETICS» профессора Lin J. (2019) [258] на достоверность суждения FCC о формировании поля ММВ в коже: *«При воздействии более*

высоких частот (ГГц, миллиметровые волны, 5G) поглощение радиочастотной энергии имеет тенденцию быть более концентрированным. Отложение энергии может быстро происходить в меньшей площади или массе ткани, вызывая сильное повышение температуры в течение очень короткого периода времени воздействия».

1.1.2. Дозиметрия

Измерение мощности поглощенной дозы (МПД) в технологии 5G имеет решающее значение для определения гигиенического стандарта. Новые технологии, в которых используются такие методы, как адаптивные антенные решетки и формирование диаграммы направленности, создают сложные электромагнитные поля, которые обуславливают проблемы для современных методов измерения радиочастот. Использование новых подходов в дозиметрии 5G-стандарта обусловлены, например, реализацией этой технологии новыми типами усиливающих антенн для точного формирования луча вместе с более высокими частотными полосами, что, в свою очередь, может привести к значительно завышенным результатам.

Пока лишь предлагаются альтернативные методы дозиметрии ММВ, которые основаны пока на расчетах и моделировании (Pawlak R. et al., 2019) [295]. Была представлена теоретическая модель для оценки усредненных по времени реалистичных уровней максимальной мощности для БС 5G (Thors B. et al., 2017) [328]. Например, описаны близкая измерительная система и метод реконструкции трехмерного поля для определения плотности мощности ММВ в ближнем поле (Douglas M. et al., 2018) [178]. Были проведены теоретические и первые экспериментальные исследования по измерению уровня ММВ, излучаемых базовыми станциями 5G (Adda S. et al., 2020) [128].

1.1.3. Нормирование

Проблема нормирования воздействия ММВ с учетом новых критических органов кожи и глаза не решены, отсутствуют согласованные методологические подходы, не проведены соответствующие эксперименты. Нормирование воздействия ММВ на роговицу глаза пока остается вне внимания.

Начиная с 2016 года, FCC планировала принять правила с учетом использования беспроводных широкополосных операций выше 24 ГГц. Наконец, в конце 2019 года были опубликованы новые «руководящие принципы», которые, по мнению Комиссии, обеспечат защиту людей от ЭМП РЧ и излучения стандарта 5G (IEEE C95.1-2019/Cor 2-2020) [232]. Эти стандарты были приняты под давлением Центра устройств и радиологического здоровья США (CDRH) и Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA). Однако FCC подтвердила прежние пределы воздействия радиочастотного излучения, хотя прошло уже 24 года, как были приняты первые нормативы. Следовательно, FCC сочла возможным сохранить существующие стандарты для ЭМП до 100 ГГц, т.е. и для ММВ 5G-стандарта.

Вызывает вопросы и мнение заместителя председателя ICNIRP van Rongen, который считает, что новые руководящие принципы, на разработку которых ушло семь лет, являются более подходящими, чем первые руководящие принципы организации, поскольку они включают более высокие частоты, используемые для услуг 5G. «Мы знаем, что часть сообщества обеспокоена безопасностью 5G, и надеемся, что обновленные руководящие принципы помогут людям чувствовать себя комфортно», — сказал он. «Руководство было разработано после тщательного анализа всей соответствующей научной литературы, научных семинаров и широкого процесса общественных консультаций. Они обеспечивают защиту от всех научно обо-

снованных неблагоприятных последствий для здоровья, связанных с воздействием ЭМП в диапазоне от 100 кГц до 300 ГГц».

В пресс-релизе ICNIRP говорится, что основными изменениями в новых рекомендациях, касающихся 5G и спектра выше 6 ГГц, являются: (1) «добавление ограничения на воздействие на все тело»; (2) «добавление ограничения для кратковременных (менее 6 минут) воздействий на небольшие области тела»; и (3) «снижение максимально допустимого воздействия на наибольшую область тела».

Однако нынешние руководящие принципы ICNIRP по ЭМП основаны на устаревшей гипотезе о том, что критическим эффектом воздействия ЭМП РЧ, имеющим отношение к здоровью и безопасности человека, является нагрев тканей. Как следствие, ICNIRP на основе этого подхода уже десятки лет рекомендует стандарты, которые не должны привести к перегреву тканей организма. Кроме того, эти новые правила были установлены только в условиях однократных и кратковременных воздействий ММВ, без учета значимости кожи в поддержании стабильного комфортного состоянии организма человека. По нашему мнению, игнорируется необходимость определения норматива для критического органа глаза (склеры глаза). Не учитываются отличия в чувствительности различных областей кожи, а также особенности кожи детей. Важно, что биологические эффекты хронического воздействия ММВ на кожу или большую область тела не исследовались при одновременном облучении ЭМП РЧ и технологий 3G, 4G и 5G.

Авторский коллектив производственного профиля США (COMAR), который разрабатывает и продает свои антенны, был подключен к разработке нормативов IEEE. От имени этого коллектива опубликовано заявление, как бы свой взгляд по вопросам здоровья населения и безопасности при воздействии 5G-сетей, хотя этот взгляд весьма спорный (Bushberg J. et al., 2020) [162]. В этом заявлении представлено конкретно четыре

позиции в отношении возможных последствий для здоровья от воздействия ММВ (5G-технологии). Мы считаем необходимым привести их «оптимизированную» позицию, т.к. она способствовала составлению ныне действующих стандартов, установленных еще в 1996 году. «Во-первых, в отличие от низкочастотных полей, ММВ не проникают за пределы внешних слоев кожи и, следовательно, не подвергают облучению внутренние ткани. Во-вторых, текущие исследования показывают, что 5G вряд ли существенно изменит общие уровни воздействия РЧ, и воздействие будет, по-прежнему, исходить в основном от сигналов «восходящей линии связи» от собственного устройства (как это делают сейчас). В-третьих, уровни воздействия в общедоступных местах останутся значительно ниже пределов воздействия, установленных международными руководящими принципами и организациями (ICNIRP и IEEE). В-четвертых — воздействия остаются ниже установленных норм. Результаты исследований на сегодняшний день не подтверждают, что отмечаемые неблагоприятные воздействия на здоровье связаны с воздействиями РЧ, в том числе от систем 5G. Хотя признано, что научная литература по исследованию биологического эффекта ММВ более ограничена, чем научная литература для более низких частот, мы считаем, что она имеет смешанное качество и подчеркивает, что в будущих исследованиях следует использовать соответствующие меры предосторожности для повышения достоверности».

Сторонниками более строгих рекомендаций по радиочастотам только от США были: Американская академия педиатрии, Американская академия экологической медицины, Калифорнийская ассоциация опухолей головного мозга, Центр семейного и общественного здоровья, а также многие форумы других стран и Евросоюз. Наша страна так же на протяжении многих лет поддерживала эту точку зрения (Григорьев Ю.Г., 2001, 2006, 2014, 2018) [50, 53, 44, 45].

2 сентября 2020 года Комитет Совета здравоохранения Нидерландов по ЭМП (Netherlands' Health Council EMF Committee) опубликовал мнение о возможном влиянии 5G на здоровье населения. Комитет считает, что «исследования по опасности воздействия частот около 26 ГГц практически не проводились, и не рекомендует использовать эту полосу частот до тех пор, пока не будут исследованы потенциальные риски для здоровья» [256]. По его мнению, нельзя исключать, что заболеваемость раком, снижение мужской фертильности, плохие исходы беременности и врожденные дефекты могут быть связаны с воздействием ЭМП. В тоже время они указывают на то, что и взаимосвязь между воздействием ЭМП и этими заболеваниями не доказана.

Далее, Комитет рекомендует использовать последние руководящие принципы ICNIRP в качестве основы для политики оценки воздействия ММВ в Нидерландах. Тем не менее, Комитет дает следующие рекомендации: «Поскольку нельзя исключить, что воздействие ММВ в соответствии с последними стандартами ICNIRP также может повлиять на здоровье, комитет рекомендует проявлять осторожность и поддерживать воздействие на разумно достижимом низком уровне».

Приведенные выше выдержки из заявления Комитета ясно показывают существующую дилемму Комитета. С одной стороны, Комитет заявляет о согласии с мнениями ICNIRP, но, с другой стороны, он признает, что не имеет достаточных доказательств, чтобы исключить возможные последствия. Такую двучленную позицию можно объяснить наличием в составе Комитета ярых сторонников продвигаемой в течение многих лет концепции о полной безопасности воздействия ЭМП на здоровье человека. Так, в состав Комитета входит E. van Rongen, который еще в 2004 году в журнале *Bioelectromagnetics* опубликовал свое мнение о полной безопасности для детей воздействия ЭМП сотовой связи. Профессор Ю.Г. Григорьев на страницах этого же журнала выступил с критикой точки зрения E. van

Rongen, которая противоречила уже в то время мнению ВОЗ об уязвимости детей к факторам внешней среды (Grigoriev Yu., 2004) [210].

Необходимо отметить, что во время подготовки заключения Нидерландского комитета постоянно присутствовал наблюдатель от голландской компании «Agentschap Telecom», входящей в состав Министерства экономики и климата. Это типичная ситуация присутствие представителя телекоммуникационных фирм при многих дискуссиях, относящихся к оценке опасности ЭМП для населения. Профессор Ю.Г. Григорьев много раз имел контакт с E. van Rongen,



D. Leszczynski, доктор наук, адъюнкт-профессор биохимии Хельсинкского университета

работая в Международной электротехнической комиссии (МЭК) и в Консультативном Комитете ВОЗ. Однако попытка отстоять точку зрения ученых России и других зарубежных стран о более высокой радиочувствительности детей к ЭМП была безуспешной. Представляется странным, что E. van Rongen, не имея медицинского или биологического образования, был назначен в 2020 году заместителем председателя ICNIRP.

С нашей точки зрения, расхождение мнений в Комитете Нидерландов об опасности ЭМП и об уровнях гигиенических стандартов, не способствует реальному решению проблем, как по нормированию, так и по электромагнитной безопасности в целом для населения.

Известный специалист в области радиационной безопасности, международный эксперт по влиянию ЭМП на здоровья населения D. Leszczynski 9 октября 2020 года обратился с открытым письмом к руководству ICNIRP со значимым вопросом, — на каком научном основании стандарты 1996 года оста-

лись прежними и не учли внедрение 5G в беспроводную технологию.

D. Leszczynski выражает свою озабоченность, что в руководящих принципах ICNIRP 2020 утверждается, что они обеспечивают безопасность для здоровья любого пользователя, подвергнувшегося воздействию EMF RF, независимо от возраста, независимо от состояния здоровья, независимо от того, будет ли воздействие острым или хроническим, и которое будет длиться всю жизнь [142].

Автор письма спрашивает: «На каком основании ICNIRP гарантирует, что каждый пользователь полностью защищен, в то время как нет достаточных исследований зависимости от возраста и состояния здоровья при воздействии ЭМП РЧ. Как ICNIRP может гарантировать, что коэффициенты снижения, заложенные в руководства, верны, когда таких экспериментальных исследований нет, а безопасность, обеспечиваемая руководящими принципами, является исключительно предположением. Как пользователь, который начинает пользоваться мобильным телефоном в молодом возрасте 5-6 лет и будет использовать его в течение следующих 80+ лет, с годами различного состояния здоровья, вызванного заболеваниями и старением, может быть уверен в полной безопасности при отсутствии исследований, а лишь наличии заверений, основанных только на предположениях van Rongen. Существуют вопросы, касающиеся научных данных, которые ICNIRP использовала для обоснования руководящих принципов безопасности для применяемой в настоящее время технологии 5G.» [142, 143].

Сложившаяся ситуация активно способствует «переводу стрелок» к многолетним дискуссиям. Мы считаем, что замена решения конкретных задач многолетними дискуссиями (уже на протяжении более 25 лет) является стратегией телекоммуникационной промышленности [41, 43, 215, 242, 271].

В настоящее время имеется ряд работ, определяющих необходимость пересмотра Рекомендаций ICNIRP. Проведен ряд пионерских исследований, дающих возможность предполагать о превышении поглощенных доз кожей, рекомендуемых ICNIRP. Рассматривается, что пот человека может создать дополнительную спиральную антенну в суб-ТГц-диапазоне и привести к нетепловым биологическим эффектам (Betzalel N. et al., 2018) [159]. Ограничения пространственного и временного усреднения в рамках безопасности электромагнитного воздействия в диапазоне частот выше 6 ГГц были рассмотрены в работе Neufeld E., Samaras T. и Kuster N. (2020) [281]. Авторы показали, что применение предлагаемого норматива для импульсных полей может привести к повышению температуры на 10°C для коротких импульсов и частот от 6 до 30 ГГц. Предложенная область усреднения 4 см^2 , которая значительно уменьшена по сравнению с пределами тока, не препятствует высокотемпературному увеличению в случае узких пучков. Пучок с радиусом 1 мм может привести к увеличению температуры примерно в 10 раз выше, чем увеличение на $0,4^{\circ}\text{C}$, которое такая же усредненная плотность мощности могла бы дать для плоской волны.

Были проведены исследования пределов безопасности для радиочастотного облучения 5G на основе аналитических моделей и тепловой дозы (Neufeld E., Kuster N., 2018) [280]. Чрезвычайные широкополосные беспроводные устройства, работающие на частотах выше 10 ГГц, могут передавать данные в виде пакетов от нескольких миллисекунд до секунд. Эти выбросы могут привести к коротким скачкам температуры на коже людей, подвергшихся воздействию, до 10°C .

Подробно обсуждены допущения и ограничения моделей. Результаты показали, что отношение пика к среднему значению, допустимое в соответствии с рекомендациями Международного совета по защите от неионизирующего излучения, может привести к необратимому повреждению тканей даже после короткого

облучения, что подчеркивает важность пересмотра существующих рекомендаций по нормированию.

Для нормирования, прежде всего, важно установить максимальное локальное повышение температуры кожи и склеры глаза. В работах, используя аналитические модели и термические дозы, было проведено определение пределов безопасности для временного 5G радиочастотного теплового воздействия на кожу (Neufeld E., Carrasco E., Murbach M. et. al., 2018; Neufeld E., Kuster N., 2018) [279, 280].

При отсутствии ограничений со стороны ICNIRP, накладываемых на отношение пиковой мощности к средней мощности импульсов, предоставляется возможность доставлять организму большее количество энергии в течение очень короткого интервала времени. Что касается пространственного усреднения, авторы показали, что должна быть введена площадь усреднения меньшая 4 см^2 , чтобы избежать пиковых поглощений в узких лучах, которые могут перегреть ткани (Neufeld E., Kuster N., 2018) [280].

ICNIRP не учитывает, что экстремальные широкополосные беспроводные устройства, работающие выше 10 ГГц, могут передавать данные в пакетах от нескольких миллисекунд до нескольких секунд. Эти всплески могут привести к кратковременным скачкам на коже облученных людей. Был разработан и применен новый аналитический подход к импульсному нагреву кожи. Учтены некоторые особенности воздействия, например, применение модели для поврежденной ткани, однородности кожи. Рассмотрена ситуация локального облучения кожи и различное время воздействия. Результаты показали, что допустимый пиковый нагрев ткани после коротких воздействий может привести к постоянному повреждению тканей кожи даже после коротких воздействий, что подчеркивает важность пересмотра существующих руководящих принципов воздействия. Подтверждается, что, в случае использования технологии 5G нагрев кожных поверхностей будет больше (Silva H., 2020) [320].

Betzalel N., Ben Ishai P. и Feldman Y. (2018) [159] предполагают, что более высокие частоты 5G-стандарта интенсивно «всасываются» из воздуха водной составляющей человеческого пота в коже, что может приводить к гораздо более высоким уровням поглощения, чем в других биологических структурах кожного покрова.

ICNIRP предлагает измерять только «средние значения» радиочастотного излучения. Однако помехи и эффекты между импульсами от различных источников радиочастотного излучения могут приводить к кратковременным импульсам с более высокой плотностью, чем средние рекомендуемые значения ICNIRP — 10 Вт/см^2 (Puranen L., 2018) [299]. Было четко продемонстрировано, что использование средних значений для радиационного излучения может привести к недооценке риска их воздействия (Chavdoula E. et al., 2010) [166]. Интенсивность, частота, продолжительность воздействия, поляризация, пульсация и модуляция являются ключевыми параметрами для оценки биологической активности ЭМП (Григорьев Ю.Г., 1996; Grigoriev Y., 2018) [48, 204].

Ранее были получены данные о существовании так называемых окон ММВ, в которых диапазон частот биологически более активен (Девятков Н.Д., Бецкий О.В., Голант М.Б, 1986; Эйди В., 1980) [67, 125]. Однако полученные результаты воздействия не были учтены и в новых Рекомендациях ICNIRP.

В рамках проекта под названием «Массовый эксперимент 5G» группа журналистов-расследователей из Европейского союза (ЕС) изучила риски развертывания 5G и адекватность руководящих указаний по безопасности электромагнитного поля, выдвигаемые ICNIRP. Было опубликовано 22 статьи в крупных газетах и журналах в восьми странах: Франции, Германии, Италии, Нидерландах, Норвегии, Польше, Португалии и Великобритании. Это Европейское расследование — «Массовый эксперимент 5G» — пришло к выводу, что существует «картель

ICNIRP». Журналисты определили группу из четырнадцати ученых, которые помогли создать или защитить руководящие принципы ICNIRP, которая является неправительственной организацией (НПО), базирующейся в Германии. Существующие рекомендации должны защищать людей только от теплового воздействия вследствие острого воздействия ЭМП. Члены ICNIRP упорно утверждают, что тысячи рецензированных исследований, которые обнаружили вредные биологические или медицинские последствия от хронического воздействия нетепловых уровней ЭМП, являются недостаточными, чтобы гарантировать более строгие правила безопасности [214]. Таким образом, ангажированные ученые, что особенно важно, члены Комиссий и других фондов, которые отвечают за нормирование, находятся в зависимости от финансов телекоммуникационной промышленности [41, 13, 127, 271].

В статье шведских ученых Hardell L. и Nyberg R. (2020) [223] резко подвергается критике последняя публикация ICNIRP и ее исходное мнение при определении рекомендаций 2020 года: «Частоты, на которых работает 5G, не несут угрозы ни для кого, будь то человек, птица или даже насекомое».

Это мнение ICNIRP позволяет нам считать, что мы находимся далеко от сакрального решения нормирования воздействия ММВ на организм населения, определения степени риска этого облучения.

1.2. К оценке опасности для населения

ММВ полностью поглощаются кожей и склерой глаз на глубину до 2 мм. С нашей точки зрения, учитывая эти особенности ММВ, необходимо определить кожу и глаз как критические функциональные системы жизнедеятельности организма человека при воздействии ММВ.

1.2.1. Кожа и глаз (склера) — новые критические функциональные системы

Кожа — это сложная функциональная система, которая фактически является *ретранслятором между внешней средой и организмом человека, обеспечивая его комфортное состояние*. Известно, что структурные и тканевые компоненты кожи находятся в согласованном взаимодействии напрямую или опосредовано, формирующие единую систему, воспринимающую на себе все внешние воздействия окружающей среды.

Кожа человека состоит из двух основных слоев: внешнего эпидермиса и дермы. Толщина эпидермиса и дермы человека колеблется в пределах 0,06-0,1 и 1,2-2,8 мм, соответственно. Роговой слой имеет низкое содержание воды (15-40%), а общая концентрация воды в остальной части эпидермиса и дермы составляет 70-80%. Так как энергия миллиметрового диапазона очень быстро затухает во влажной водной ткани, такое высокое содержание воды приводит к высоким коэффициентам поглощения электромагнитной энергии миллиметрового диапазона в ткани. Таким образом, энергия миллиметровых волн легко проникает в роговой слой, но быстро поглощается более глубокими слоями эпидермиса и дермы и не распространяется дальше в тело.

Кожа является самым большим по площади органом. Площадь кожи у взрослого человека достигает 1,5-2,3 м.

Кожа имеет самую богатую иннервацию, причем не только чувствительную, но и эфферентную. Кожа является тотальным рецепторным полем (рис. 2). Эти рецепторы осуществляют обильную иннервацию, связанную с ЦНС. Иннервация кожи осуществляется как ветвями цереброспинальных нервов, так и нервами вегетативной нервной системы (рис. 3). Вегетативная эфферентная иннервация характерна для сосудов, гладкой мускулатуры и потовых желёз.

Рецепторы кожи человека

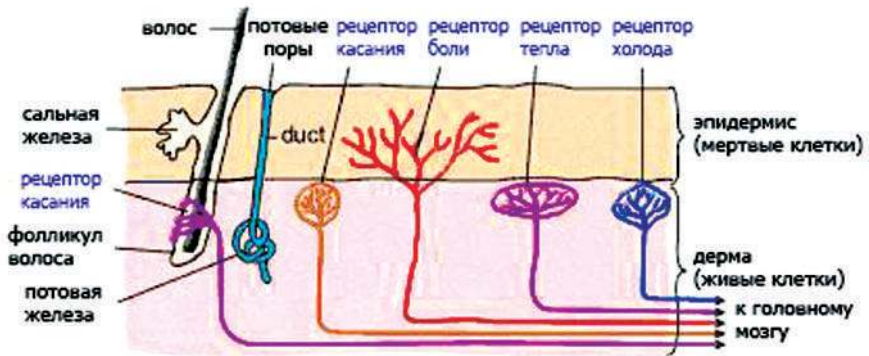


Рис. 2. Рецепторы кожи

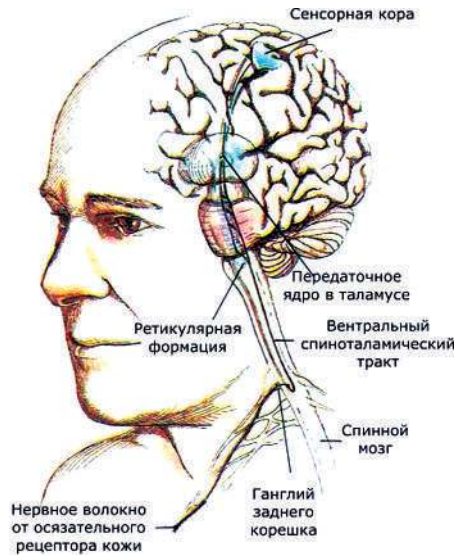


Рис. 3. Схема потока информации от рецепторов кожи до головного мозга

Кожа принимает участие в регуляции иммунитета, поверхность кожи является средой для тысяч идентифицированных видов микробов.

Важна защитная функция кожи от действия механических и химических факторов, ультрафиолетового излучения, проникновения микробов и вирусов в организм. При запредельных экстремальных воздействиях на кожу могут возникать катастрофические последствия.

Кожа выполняет эндокринные функции — вырабатывает витамин D при воздействии солнечного света. Кожа включена в ряд других функций организма: терморегуляторную функцию, экскреторную и др.

В настоящее время трудно прогнозировать влияние ММВ на течение многих заболеваний кожи (экзему, псориаз, абсцессы и др.), на развитие опухолевых процессов (меланомы, базальноклеточного рака, плоскоклеточной карциномы и др.).

Надо не забывать о существовании и т.н. рефлексогенных зон (БАТ).

Таким образом, кожа является важным критическим органом при постоянном пожизненном воздействии ММВ на население. Однако до сих пор у некоторых зарубежных ученых, особенно технического профиля, имеется другой подход к коже при оценке опасности при взаимодействии микроволнового излучения и человека. Кожа ими традиционно рассматривается как просто поглощающий слой губки, заполненный водой.

Следует особо обратить внимание на то, что кожа у взрослого и у ребенка будет иметь существенное различие в радиочувствительности. Кроме того, кожа на разных участках тела будет иметь свои особенности и функциональную значимость. Структура и чувствительность кожи существенно изменяется с возрастом. На кожу постоянно воздействуют различные факторы внешней среды с различными временными периодами, что может изменить нормальные физиологические параметры кожи.

Склера глаза — это непрозрачная наружная оболочка глаза. Склера занимает самую большую площадь глаза и имеет плотный состав. На разных участках склера глаза имеет разную

плотность. Толщина склеры также неодинакова и составляет от 0,3 до 1 мм, у детей она очень тонкая и увеличивается со временем.

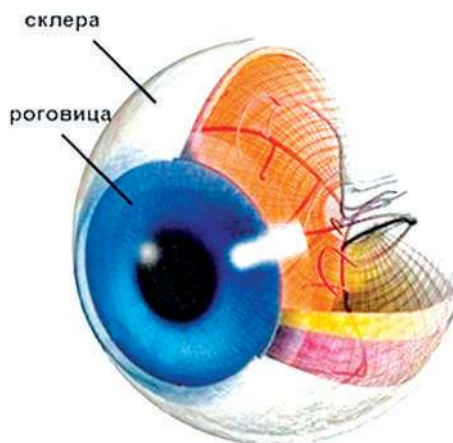


Рис. 4. Склера глаза

Склера имеет три слоя. Это наружный слой, то есть эписклера, собственно склера и бурая пластина или внутренний слой. Наружный слой (эписклера), имеет хорошее кровоснабжение, сосудистую сеть разделяют на поверхностную и глубокую. Лучше всего кровоснабжение происходит в передних отделах, потому как сосуды подходят к переднему отделу глаза, располагаясь в толще прямых глазодвигательных мышц. Собственно склера состоит из коллагеновых волокон, пространство между которыми занимают фиброциты, вырабатывающие коллаген. Внутренний слой или бурая пластина состоит из истонченных волокон склеры и эластичной ткани. На поверхности волокон находятся клетки, содержащие пигмент — хроматофоры. Эти клетки придают внутренней поверхности склеры коричневый оттенок. Толща склеры содержит несколько сквозных каналов, которые играют роль проводников для сосудов и нервов, как

входящих, так и выходящих из глаза. Передний край внутренней стороны склеры имеет так называемый желобок размером в 0,8 мм. К заднему краю желобка прикрепляется цилиарное тело, а его передний край прилегает к десцеметовой оболочке. Основную часть желобка занимает трабекулярная диафрагма, над которой находится Шлеммов канал. В силу того, что склера глаза представляет собой соединительную ткань, она подвержена развитию патологических процессов, которые встречаются при системных заболеваниях соединительной ткани или коллагенозах.

При оценке опасности воздействия ММВ на критический орган глаз, необходимо учитывать особенности этого органа — отсутствие оптимальных физиологических механизмов по снятию излишнего тепла в условиях перегрева. В этой ситуации глаз при воздействии ММВ становится особенно уязвимым. К сожалению, имеются лишь единичные исследования влияния на склеру глаз ММВ, но они выполнены при кратковременных одиночных облучениях и при тепловых уровнях интенсивности ЭМП (Rosenthal S. et al., 1977; Kojima M. et al., 2009; Chalfin S. et al., 2000) [307, 250, 165]. Эти результаты не могут быть использованы при оценке опасности воздействия ММВ на склеру.

С нашей точки зрения, учитывая особенности поглощения ММВ, необходимо определить кожу и глаз, как критические функциональные системы жизнедеятельности организма человека при воздействии ММВ.

1.2.2. Возможное влияние ММВ на здоровье населения

В настоящее время проблема опасности 5G стандарта на функцию организма только дискутируется научной мировой общественностью, проводятся единичные кратковременные исследования.

Количество публикаций по этой проблеме в прикладном значении начало увеличиваться за рубежом с 1996, когда была проведена специализированная сессия Общества биоэлектромагнетиков (BEMS) по тематике ММВ. Второй Всемирный конгресс по электричеству и магнетизму в биологии и медицине был посвящен ММВ (1997 г.). Семинар «ММВ и биоэффекты» был проведен на военной базе Брукс, штат Техас, в 1997 году. Один из авторов этой книги имел возможность участвовать в работе этого семинара.

Опасность для здоровья населения при пожизненном облучении ММВ кожи и склеры глаз не ясна. Микроволновое излучение, скорее всего, может повлиять на нервные клетки и другие структуры в верхней дерме. Потовые железы так же будут подвергаться облучению. Не исключено, что при воздействии ММВ может измениться чувствительность кожи к ультрафиолетовому излучению. Остаются неизвестными и опосредованные рефлекторные реакции организма, учитывая разнообразие рецепторных зон кожи. Особое внимание при оценке опасности действия ММВ необходимо уделить коже подрастающего поколения. Организм детей более уязвим к физическим факторам внешней среды (Healthy environments for children, 2003) [224].

В СССР в 60-80-е годы прошлого столетия впервые применили ММВ в клинической практике («миллиметровую волновую терапию (ММВТ) низкой интенсивности»). В основу этой терапии был положен принцип резонансного действия ММВ, использовали кратковременные и локальные облучения (Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В., 1991) [68]. Большой вклад в медицинские аспекты этой проблемы внес О.В. Бецкий.

Были получены положительные лечебные эффекты от кратковременного воздействия ММВ (Бецкий О.В., Кирилов В.В., Лебедева Н.Н., 2004; Бецкий О.В., Котовская Т.И., Лебедева Н.Н., 2009) [6, 7]. Однако отмечались и побочные действия ММВ, включая усталость, сонливость, аномальные ощущения,

по-видимому, вызванные давлением или повреждением периферических нервов при воздействии ММВ. Некоторые соматические биоэффекты при воздействии ММВ были описаны еще более двадцати лет назад (Лебедева Н.Н., 1998) [76]. К сожалению, в публикации не было указано, ни какая площадь кожи подвергалась воздействию, ни сама область облучаемой кожи.

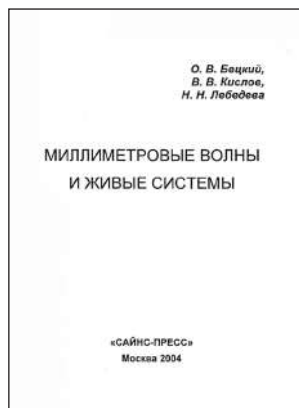
Был предложен ряд теоретических моделей для объяснения особенностей и основных механизмов биологического действия ММВ (Frohlich Н., 1980; Голант М.В., 1989) [187, 36]. Радиофизические принципы воздействия ЭМП крайне высоких частот на живые организмы в интересах медицины были рассмотрены Г.П. Раевским в 1997 году [95].

Отсутствуют результаты исследований с учетом хронического воздействия ММВ на кожу и роговицу глаза. Это очень важное обстоятельство, которое не позволяет нам на строго объективных данных оценить опасность пожизненного воздействия на население ММВ. Однако рассмотрим немногочисленные результаты ранее опубликованных работ, полученных при кратковременных воздействиях ММВ.

В связи с широким использованием ММВ в кинической практике, в нескольких крупных институтах и университетах СССР были проведены многочисленные исследования *in vitro*, *in vivo* и на организменном уровне по



Бецкий Олег Владимирович — доктор физ.-мат. наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ 2000 года



биологическому действию ММВ в условиях кратковременных облучений (Институт биофизики клетки АН СССР, Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, МГУ и др.). Аналогичные работы были проведены и за рубежом.

Эти исследования были проведены не только в условиях кратковременного облучения ММВ, но также имелась задача поиска оптимальных режимов для использования в медицине. Авторы этой книги смущает то, что, как правило, во всех исследованиях были найдены оптимальные режимы для клинической практики. В интересах других прикладных задач были проведены близкие экспериментальные исследования.

В своем обзоре (Pakhomov et al., 1998) [291] авторы рассмотрели наиболее значимые публикации, касающиеся влияния ММВ на культивируемые клетки, изолированные органы животных, на организм человека. Рассмотренные исследования продемонстрировали влияние кратковременного воздействия ММВ



*На приеме у Академика Л.А. Ильина.
Слева направо: А. Пахомов, В. Степанов,
Ю. Григорьев, М. Морфи, Л. Ильин*

низкой интенсивности (10 мВт/см^2 и менее) на рост и пролиферацию клеток, активность ферментов, состояние генетического аппарата клетки, функцию возбудимых мембран, периферических рецепторов и других биологических систем. У животных и людей кратковременное, но местное воздействие ММВ стимулировало восстановление и регенерацию тканей, облегчало стрессовые реакции, приводило к демиелинизации нервных клеток.

Simkó M. и Mattsson M. в 2019 [323] проанализировали 94 публикации, посвященные исследованиям влияния ММВ *in vivo* и *in vitro* в острых опытах. Этот обзор в основном охватывает исследования, проведенные в диапазоне частот от 30,1 до 65 ГГц. Каждое исследование было выполнено с учетом частоты, продолжительностью воздействия, плотностью мощности и других радиобиологических критериев оценки биоэффектов. Восемьдесят пять процентов в исследованиях *in vivo* показали реакцию на воздействие, а в 58% был получен эффект *in vitro*. Однако не было отмечено связи между плотностью мощности, длительностью или частотой ММВ. По мнению авторов, проанализированные исследования не дают адекватной и достаточной информации для значимой оценки безопасности ММВ.

Вывод об отсутствии мутагенных эффектов излучения ММВ был сделан в конце 1970-х годов (Dardalhon M. et al., 1979, 1981) [169, 170]. В то же время ряд исследований показал, что ММВ могут влиять на структуру и функцию хромосомы.

Zhadobov M. et al. (2006) [338] предположили, что воздействие миллиметрового диапазона на частоте 60 ГГц при уровнях, близких к типичным системам беспроводной связи ($0,9 \text{ мВт/см}^2$), может вызывать увеличение бокового давления в искусственных мембранах.

В работах Ramundo-Orlando A. et al. (2007, 2009, 2010) [302-304] акцент был сделан на воздействие низкого уровня воздействия ММВ на клеточные мембраны (менее 10 мВт/см^2). По мнению авторов, большое количество клеточных исследо-



М. Markov — болгарский ученый, уже 30 лет работает в США

ваний показывает, что ММВ могут изменять структурные и функциональные свойства мембран, влиять на плазматическую мембрану либо путем изменения активности ионного канала, либо путем модификации фосфолипида. ММВ могут изменять внутриклеточную активность кальция и, как следствие, некоторые клеточные и молекулярные процессы, которые сами контролируются динамикой Ca^{2+} . Воздействие излучения ММВ на ионный транспорт может быть следствием прямого воздействия на мембранные белки, а также на организацию фосфолипидного домена. Молекулы воды, по-видимому, играют важную роль в этих биологических эффектах излучения ММВ. К сожалению, автор делает заключение, что детальные клеточные и молекулярные механизмы, опосредующие физиологические реакции на воздействие ММВ, остаются в основном неизвестными.

Таким образом, результаты экспериментальных работ демонстрируют высокую чувствительность клеточных мембран к ММВ низкой интенсивности. ММВ нетепловых интенсивностей способны индуцировать структурные перестройки в мембранах, что сопровождается изменением ионной проводимости клеточных мембран и быстрым закрытием пробойных каналов ионных утечек. Есть основания предполагать, что биологические мембраны являются одним из своеобразных «детекторов» излучения в живой клетке.

На основе своих собственных биофизических экспериментов по влиянию ММВ на биологические объекты, Markov M., во время дискуссии на специальном рабочем семинаре симпозиума ВЕМС (2017 г.), обратил внимание на следующие аспекты механизма биологического действия ММВ:

1. Низкое проникновение ММВ в биологические ткани обуславливает эффекты преимущественного облучения на уровне кожного покрова.
2. Эффекты двойного электрического слоя, окружающие отдельные клетки, связаны скорее всего клеточной мембраной.
3. Эффекты зарядного распределения по клеточной мембране.
4. Изменение мембранной проницаемости.
5. Влияние ММВ на липид-белковые взаимодействия на уровне клеточной мембраны.

Markov M. считает, что «исследования биологических эффектов миллиметровых волн должны продолжаться на уровне государственных организаций с целью нахождения потенциальных опасностей 5G-технологии» (2018, 2019) [265, 266].

В некоторых исследованиях было обнаружено, что ММВ низкой интенсивности ингибирует прогрессирование клеточного цикла (Le Drean Y. et al., 2013) [255].

Обобщая результаты исследований влияния ММВ на клетки и клеточные мембраны, можно сделать вывод, что биологические эффекты, полученные экспериментально на различных микроорганизмах и клеточных культурах, имеют много идентичных закономерностей. При облучении клеток ММВ наблюдаются, как функциональные, так и структурные изменения. Мембраны могут играть главную роль в эффективном восприятии и дальнейшем проявлении действия ММВ в функциональных изменениях на уровне всей клетки. Можно предположить, что первичное действие ММВ состоит в изменении проницаемости мембран и их транспортных свойств.

Таким образом, необходимо изучение не только первичной рецепции ММВ, так и следующего за ней восприятия и отклика на уровне физиологических реакций целого организма.



Беляев И.Я. — доктор биол. наук, зав. отделением радиобиологии Института экспериментальной онкологии Биомедицинского центра Словацкой академии наук¹

Восприятие информационных ЭМИ возникает на уровне сложноорганизованных биологических систем и полностью проявляется только в целостном организме (Пресман А.С., 1968; Плеханов Г.Ф., 1990; Лушников К.В., Гапеев А.Б. и др., 2001) [94, 92, 80].

Начиная с 1992 года, Belyaev I.Y. et al. провели большую серию работ по оценке опасности ММВ, а также исследования, связанные с механизмом их действия на клеточном уровне (1992-2019 гг.) [152-157]. Были рассмотрены биоэффекты *in vitro*, действие на состояние генома, влияние ММВ на конформацию хроматина в тимоцитах крыс. Получены данные о зависимости КВЧ-индуцированных изменений конформации хроматина *E. Coli* от ряда генетических, физиологических и физических особенностей изучаемой культуры. Автор получил резонансные эффекты. Во многих работах автора наблюдалась сильная зависимость ММВ-эффектов от частоты и поляризации при нетепловых плотностях мощности.

На классической модели дрозофиле были проведены исследования, которые показали, что воздействие ММВ (частота — 37,5 ГГц, при достаточно высокой мощности излучения 250 мкВт) на виргинных самок *Drosophila melanogaster*, привело

¹ Член Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений, Шведского национального комитета по исследованиям в области радионаук (SNRV), Международного проекта ЭМП Всемирной организации здравоохранения, Европейского института исследований рака и окружающей среды (ECERI), Европейской академии медицины окружающей среды (EUROPAEUM), Международного агентства по исследованиям рака (IARC). Автор 15 публикаций по биологическому действию ММВ.

к увеличению выхода самцов имаго, развившихся из созревших гамет самок и к увеличению гибели особей на стадии куколки. Эффект зависел от генотипа (Горенская О.В. и др., 2017) [37].

Целый ряд экспериментов, проведенных в острых опытах на животных, продемонстрировал высокую чувствительность различных элементов нервной системы к ММВ (Акоев Г.Н. и др., 1991; Сазонов А.Ю. и др., 1995; Сауля А., Кихай В., 2003) [2, 100, 103].

Заинтересованный читатель может получить дополнительную информацию по этой проблеме в других обобщающих публикациях (Le Drean Y. et al., 2013; Frohlich H., 1980; Gandhi O., 1996; Postow E., Swicord M.L., 1986; Темурьянц Н.А. и др., 2012; Torgomyan H., Trkhunin A., 2013; Foster K.R. et al., 2016; Simkó M., Mattsson M., 2019; Wu T. et al., 2015) [255, 187, 189, 297, 105, 329, 185, 323, 334]. Однако не один из результатов, описанных в вышеупомянутых обзорах, не был воспроизведен в независимых лабораториях, поэтому они не могут рассматриваться как установленные биологические эффекты. Анализ физиологических эффектов при воздействии ММВ на кожу был представлен в обзорной статье Leszczynski D. (2020) [256].

В статье (Beljaev I. et al., 2000) [154] авторы обращают внимание на то, что существует значительное количество исследований, показывающих биологические эффекты при воздействии ММВ при нетепловых интенсивностях. Однако в некоторых репликационных исследованиях сообщалось о низкой воспроизводимости этих эффектов. По мнению авторов, одним из возможных объяснений может быть зависимость эффектов ММВ от некоторых параметров, которые не контролировались при репликации. Важны и некоторые другие факторы, такие как генотип исследуемого штамма, стадия роста бактериальных культур и время между воздействием микроволн и записью эффекта. Приведенные соображения указывают на исключительно высокую требовательность к методикам проведения исследований с ММВ нетепловой интенсивности.

Считаем целесообразным обратить внимание еще на ряд факторов, которые могут существенно влиять на конечный радиобиологический эффект. Многие эксперименты делают свое заключение без учета модуляции, импульсного режима, пульсации в несущем сигнале (Григорьев Ю.Г., 1996) [48]. Подавляющее большинство экспериментаторов не учитывают синергетические побочные эффекты других токсических раздражителей с ММВ (Kostoff R., Heru P., Ashner M. et al., 2020) [251].

Имеется ряд исследований, указывающих на опосредованные сложные системные реакции функций организма при облучении кожи ММВ. В статье «Современные представления о механизмах физиологического действия миллиметровых волн (обзор литературы)» (Темурьянц Н.А. и др., 2012) [105] авторы предлагают рассматривать четыре этапа классических событий, приводящих к ответу организма на воздействие ММВ на кожу: I — первичная рецепция, II — передача сигнала в центральную нервную систему (ЦНС), III — анализ полученной информации ЦНС и IV — адекватный системный ответ.

Сазонов А.Ю. (1998) [99] исследовал возможное влияние ММВ на периферические нервные структуры лабораторных животных (37-55 ГГц, менее 10 мВ/см²). Показано, что ММВ могут восприниматься рецепторными аппаратами, которые по своей модальности не предназначены для восприятия этого физического фактора. ММВ могут оказывать воздействие на нервные структуры не только непосредственно, но и через окружающие их ткани. Это свидетельствует о достоверном отличии влияния ММВ на исследуемые биообъекты от обычного теплового воздействия.

Реакцию нервной системы при воздействии ММВ можно оценить, изучая изменение поведенческих реакций млекопитающих. В частности, показано, что ММВ способны модифицировать условно-рефлекторную деятельность крыс (Хромова С.В., 1989) [113].

В экспериментах установлено, что нейроэндокринная система животных проявляет большую чувствительность к ММВ. В первую очередь, реагируют гипоталамус и гипофиз, причем требуются небольшие величины ППЭ (Смородченко А.Т., 1998) [104]. Наблюдалось повышение уровней кортизола и тестостерона в крови, нормализация показателей гормонов щитовидной железы (Адаскевич В.Г., 1995; Лисенкова Л.А. и др., 1995) [1, 78]. Действие ММВ на область продолговатого мозга модифицирует уровень моноаминного компонента иммунных органов — тимуса и селезенки (Смородченко А.Т., 1998) [104].

В работах Алексева С.И. и др. (1987) [3] было исследовано влияние ММВ (61,22 и 75,0 ГГц) на спонтанную электрическую активность пейсмекерных нейронов моллюска *Lymnaea stagnalis* и показано развитие динамической реакции торможения электрической активности нейронов. Обнаружены влияния микроволн не только на концевые нервные окончания, но и на нервные волокна.

Экспериментальные исследования, проведенные на изолированных нервных препаратах (аксон кальмара, седалищный нерв лягушки и др.), продемонстрировали возможность непосредственного воздействия ММВ на периферические элементы нервной системы (Акоев И.Г. и др., 1991; Сазонов А.Ю., 1995) [2, 100]. В исследованиях С.Ф. Воропаева с соавт. (2004) [16] отмечались изменения амплитуды альфа-ритма ЭЭГ в зависимости от частоты облучения при воздействии ММВ.

В работах С.И. Геращенко и др. (1991, 1997) [34, 35] установлена зависимость нижнего абсолютного порога чувствительности кожного анализатора от частоты микроволнового излучения, что может привести к повышению чувствительности кожи к внешним раздражителям и, в свою очередь, к повышению уровня бодрствования.

Влияние ММВ на коррекцию психофизиологического состояния может проявляться в зависимости от возраста испыту-

емых и свойств нервной системы, в частности, силы нервных процессов, преобладания симпатического или парасимпатического звена вегетативной нервной систем, типа темперамента, межполушарной асимметрии (Чуян Е.Н., 2011) [120].

В ходе эксперимента (Енин Л.Д. и др., 1991) [69] ученые обнаружили, что ЭМИ частотой 55,61 и 73 ГГц уменьшают тактильную чувствительность кожи крыс. Исследования (Alekseev S. et al., 2010) [136] показали, что ММВ частотой 42,25 ГГц изменяет электрическую активность икроножного нерва мыши. Порог интенсивности, при котором возникает увеличение спонтанной импульсной активности икроножной мышцы достаточно высок — 160 мВт/см².

Предполагают, что ММВ воспринимаются тучными клетками (Попов В.И. и др., 2001) [93]. По мнению авторов статьи (Alekseev S. et al., 2010) [136], обнаруженные изменения электрических характеристик нерва при воздействии ММВ могут быть следствием действия медиаторов, выделяющихся при дегрануляции тучных клеток, которые располагаются вокруг нервных окончаний. Освобождающиеся при дегградации тучных клеток медиаторы достигают нервных рецепторов и возбуждают их. Выделение гистамина при дегрануляции тучных клеток может быть причиной изменения миокомпонента сосудов микроциркуляции (Трибрат Н.С., 2010; Чуян Е.Н. и др., 2011) [108, 120]. Таким образом, выделяющиеся из тучных клеток субстанции могут оказывать, как локальное действие, так и влиять на другие функции организма.

При проведении опыта (Черняков Г.М. и др., 1989) [115] ученые смогли вызвать изменения сердечного ритма у лягушек путем облучения ММВ отдаленных участков кожи. С точки зрения классической физиологии важно, что задержка изменений составила около 1 мин. Авторы предполагают рефлекторный механизм действия ММВ, возможно, с участием определенных периферических рецепторов. Эти данные согласуются с более

поздними работами. Далее было показано, что некоторые частоты в диапазоне 53-78 ГГц эффективно изменяли естественную вариабельность сердечного ритма у анестезированных крыс. Облучение прикладывали к верхним грудным позвонкам в течение 20 мин при 10 мВт/см² или менее. Частоты 55 и 73 ГГц вызывали выраженную аритмию: коэффициент вариации интервала R-R увеличился в четыре-пять раз. Воздействие на частоте 61 или 75 ГГц не оказало никакого влияния, а другие испытанные частоты вызвали промежуточные изменения. Подобная частотная зависимость наблюдалась в дополнительных экспериментах с 3-часовым воздействием; однако около 25% экспериментов были прерваны из-за внезапной гибели животных, которая произошла после 2,5 ч воздействия на частотах 51, 61 и 73 ГГц.

Ближкие результаты были получены на модели изолированных сердец лягушки при облучении ЭМП 9,3 ГГц, как в непрерывном режиме, так и при использовании сложного сигнала (Африканова Л.А., Григорьев Ю.Г., 1996) [5]. В опытах был использован сложный режим модуляции при низком уровне интенсивности. Был применен принцип изменяющейся во времени частоты модуляций при постоянном сужении набора частот. Облучение проводили на экспериментальной установке, генерирующей микроволны с частотой 9,3 ГГц. Так как размеры сердца лягушки сопоставимы с длиной волны излучения, облучение проводили в условиях, приближающихся к максимальному поглощению объектом энергии излучения. Модулированное ЭМП по амплитуде характеризовалось меняющейся частотой модуляции от 1 до 100 Гц при глубине модуляции 30 и 100%; форма импульса прямоугольная, меандр, $S = 0,016$ мВт/см². Расстояние до объекта выбиралось таким, чтобы облучение его было равномерным. Общая схема условий экспериментов приведена в табл. 1.

Общая характеристика условий экспериментов

№ эксперимента	Число животных		ППЭ, мВт/ см ²	Режим генерации ЭМП и время облучения в мин			Общее время облучения, мин
	Опыт	Контроль		Посто- янный	Импульс- ный, Гц	Время в каждом режиме, мин	
1	28	28	0,016	–	6–10	1	5
2	32	32	0,016	–	1–10	1	10
3	20	20	0,016	–	1–10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100	1	19
4	10	10	0,016	+	–	5	5

Исследования проводили во время облучения, и после воздействия в течение 24 часов. Всего было использовано 180 сердец лягушек.

Оценивали частоту биения сердца в течение каждого часа на протяжении 6 часов от момента изготовления препарата изолированного сердца, во время воздействия, а также в течение суток после облучения. Одновременно наблюдения проводили в контроле (ложное воздействие) в те же сроки. Важным для оценки реакции на облучение является то, что сердце в растворе Рингера может сокращаться в течение двух суток.

Исследовали морфологическое состояния возбудимых тканей сердца. Витальное окрашивание структур межпредсердной перегородки проводилось красителем азиновой группы

нейтральным красным (НК). Метод прижизненного окрашивания давал возможность судить о жизнеспособности структур по критерию гранулообразования, а также о состоянии их проницаемости (по степени и динамике окрашивания). Другой витальный краситель — метиленовый синий — был использован для оценки состояния холиэнергетических синапсов на автономных нейронах узла Людвига.

Интактные неокрашенные сердца за 24 часа наблюдений замедляли свой темп в среднем на 7%; остановки сердца не было (рис. 5). Получасовые пребывания изолированного препарата сердца в растворе красителя само по себе приводило к изменению его функции. Число сокращений уменьшалось на 30%, а 14% сердец переставали сокращаться (рис. 5). При стимуляции остановившихся сердец сильным светом или механи-

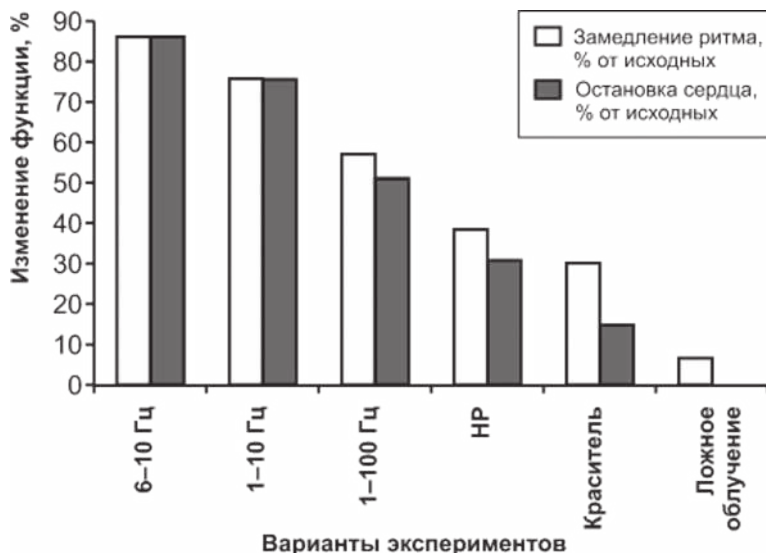


Рис. 5. Изменение частоты сердцебиений и остановок изолированных сердец лягушек, облученных ЭМП в непрерывном режиме (НР) и с различной импульсной модуляцией от 1 до 100 Гц

ческим раздражителем области пейсмекера (венозный синус) биение восстанавливалось. По прекращении процесса окрашивания сердца постепенно наращивался темп сокращений, достигая исходного уровня. И лишь к концу опыта через 24 часа число сердцебиений снижалось в среднем на 20%.

Реакция сердец, облученных в непрерывном режиме, была незначительной и мало отличалась от окрашенных необлученных сердец.

При облучении в модулированном режиме было отмечено резкое уменьшение числа сердцебиений, увеличивалось также число сердец, переставших биться (рис. 5). Наибольший эффект был получен при изменении частоты модуляции в диапазоне 6-10 Гц и времени воздействия 5 минут. При этих условиях воздействия происходило замедление ритма с последующей остановкой сердца у 85% сердец (при непрерывном режиме — 38%). Эффекты эти были частично обратимы.

Отмытые от краски облученные сердца возобновляли сокращения, наращивали темп, однако, в течение 2-3 последующих часов в большом проценте случаев отмечали резкое урежение сердцебиений и вторичную остановку сердца. В этих случаях стимулирующие процедуры вели лишь к непродолжительному возобновлению сердечных сокращений. Через 2-3 часа после воздействия МЭМП в нейронах и мышечных элементах сердца наблюдали нарушение процесса гранулообразования. Большое количество нейронов приобретало угловые формы и имело диффузную окраску ядра и цитоплазмы. В мышечных волокнах число гранул красителя было уменьшенным, цитоплазма была слегка подкрашена и многие мышечные ядра также были окрашены в интенсивно красный цвет. Одновременно с этим были отмечены явления желатинизации синапсов на клетках узла Людвига и интенсивное подкрашивание шванновских клеток в зоне конуса аксона. Такого рода результаты могут говорить о нарушении жизнеспособности облученных структур сердца, о развитии процесса типа паранекроза.

Таким образом, во всех сериях опытов облучение сердец модулированными ЭМП со сменяющейся частотой модуляций в пределах от 1 до 100 Гц оказывало существенно большее влияние на функцию сердца, нежели облучение в непрерывном режиме генерации.

Исследовали значение в формировании биоэффекта корреляции между исходным состоянием системы организма и соответствующей модуляцией ЭМП (Африканова Л.А., Григорьев Ю.Г., 1996) [5]. В этих целях также была использована модель изолированного сердца лягушки. Изолированное сердце лягушки облучали ЭМП 9,3 ГГц, ППЭ 0,016 мВт/см² с модуляцией в трех режимах: (а) 20, 22, 24 и 25 Гц; (б) 32, 34, 36 и 38 Гц; (в) 40, 42, 44, 46 и 48 Гц. В исходном состоянии по частоте биений сердца они были разделены на 3 группы: (I) 20-30 биений в 1 мин; (II) 31-40 и (III) 41-50. Режимы выбирали в соответствии с исходной частотой биения изолированного сердца. Продолжительность каждого облучения была равна 1 минуте. Также было воздействие с непрерывным режимом ЭМП (группа IV) и «ложное» облучение (группа V). Величину изменений оценивали по бальной системе.

При каждом из трех режимов модуляции наибольшие изменения в ритмике сердца от исходного уровня были при условии совпадения их величин (табл. 2). Наибольшие изменения были при воздействии ЭМП в режиме модуляции 20-28 Гц в группе сердец с частотой сокращений 20-30 ударов в 1 минуту. Следовательно, мы получили феномен синхронизации режима модуляции ЭМП 9,1 ГГц с конкретной деятельностью физиологической системы.

Конечно, заслуживают внимание исследования, проведенные на испытуемых. Было проведено двойное слепое исследование облучения кожи ММВ людей-добровольцев. Оценивали влияние этого воздействия на болевую чувствительность кожи (Radzievsky A. et al., 1999) [301]. Кожу в нижней трети груди-

Таблица 2.

**Изменения частоты сокращений сердца лягушки
в зависимости от модуляции СВЧ поля
и исходной частоты сокращений сердца**

Варианты опыта	Количество сердец	Частота модуляций, Гц	Количество баллов (среднее по группам)			Всего количество баллов
			Исходная частота биений сердца			
			20-30	31-40	41-50	
I	23	20, 22, 24, 25, 28,	50	3	3	56
II	28	30, 32, 34, 36, 38	11	12	9	32
III	22	40, 42, 44, 46, 48	9	1	16	26
IV	26	Непрерывный режим	1	–	–	2
V	30	«ложное» облучение	–	–	–	0

ны подвергали воздействию ММВ с частотой 42,25 ГГц при 25 ± 5 мВт/см² в течение 30 минут, либо ее подвергали ложному воздействию от неработающего передатчика ММВ (ни один из добровольцев и экспериментатор не знали, работающий или не работающий передатчик был использован). Затем руку добровольца помещали в ванну с холодной водой и смесью тающего льда ($1 \pm 0,5^\circ\text{C}$). Диапазон болевой чувствительности и толерантность оценивали, исходя из субъективных ощущений добровольца. С момента, когда боль становилась невыносимой, исследование прекращали. В целом, воздействие ММВ увеличивало терпимость к боли на 37,7% ($p < 0,05$). У семи добровольцев (из двенадцати) индивидуальный прирост толерантности к боли варьировал от 120% до 315% по сравнению с их собственными уровнями перед воздействием.

В других исследованиях, методом лазерной доплеровской флоуметрии было выявлено определенное влияние ММВ на механизм регуляции тканевого кровотока у молодых испытуемых в возрасте 18-23 лет (89 студенток-испытателей). По мнению авторов, при воздействии ММВ на кожу, в изменении микрогемодинамики кожи человека, основную роль играют эндотелий-зависимый, миогенный эндотелий-независимый и нейрогенный компоненты регуляции тканевого кровотока (Ананченко М.Н., Чуян Е.Н., 2011) [4]. Была выявлена корреляция параметров ЭКГ с коэффициентом отражения суб-ТГц кожи человека (Betzalel N. et al., 2018) [159].

Показано, что, используя модулированные ММВ и целенаправленно воздействуя на системы ферментативных реакций в клетке, характеристические частоты которых близки к частоте модуляции, можно получить значимый эффект (Гапеев А.Б. и др., 1994; Гапеев А.В. et al., 1998, 2001) [30, 199, 198]. Имеются сведения и об ингибирующем биологическом эффекте воздействия ММВ в режиме модуляции (Гапеев А.Б., Чемерис Н.К., 2000) [29]. Эффект «электросна» зарегистрирован у крыс при воздействии ММВ (37 ГГц; ППЭ<0,3 мВт/см²), модулированно-го частотами дельта-ритма головного мозга.

В отношении неблагоприятного воздействия ММВ на склеру глаз — мы не нашли в России и за рубежом каких-либо публикаций по этой проблеме.

Исходное состояние биологической системы может повлиять на биоэффекты воздействия ММВ. Экспериментальные данные, полученные на субклеточном, клеточном и тканевом уровнях, указывают на зависимость эффекта ЭМИ КВЧ от исходного уровня активности биологического объекта (Pakhomov A.G. et al., 1998; Geletyuk V.I. et al., 1995; Rojavin M.A. et al., 1997.) [291, 201, 306]. Отдельные лица или группы населения, которые обычно считаются однородными, по мнению авторов статьи (Pakhomov A.G. et al., 1998) [291], могут реаги-

ровать на ММВ довольно различными или даже противоположными способами. Например, в своей работе (Темурьянц Н.А. и др., 1992, 1993) [106, 107] авторы делили популяцию вивария у крыс по активности в открытом поле до проведения воздействия ММВ. Реакции животных с низким, средним и высоким уровнями активности на ММВ были очень разными. Зависимость характера микроциркуляции при воздействии ММВ была получена от исходного состояния животного (Ананченко М.Н., Чуян Е.Н., 2011) [4]. Следовательно, пренебрежение внутренними различиями в популяции могут замаскировать возможные биоэффекты ММВ, либо привести к ошибочным выводам.

1.2.3. Иммуитет и ММВ

С начала 70-х годов прошлого века в Институте биофизики клетки РАН (ныне — обособленное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований Российской академии наук») проводятся интенсивные исследования механизмов биологических эффектов ММВ, посвященные, в том числе, выявлению параметров ММВ, способных оказывать биорезонансное действие. Исследования проводились при активном участии Гапеева А.Б., Чемериса Н.К., Алексеева С.И. и Фесенко Е.Е.

Проведен экспериментальный и теоретический анализ механизмов биологического действия низкоинтенсивных ММВ на клеточном уровне (Гапеев А.Б., Сафронова В.Г., Чемерис Н.К. и др., 1996; Gapeyev A.B., Safronova V.G., Chemeris N.K. et al., 1997; Gapeyev A.B., Yakushina V.S., Chemeris N.K. et al., 1998) [27, 197, 199].

В своих работах (Гапеев А.Б., Сафронова В.Г., Чемерис Н.К. и др., 1996; Gapeyev A.B., Safronova V.G., Chemeris N.K. et al., 1997; Gapeyev A.B., Yakushina V.S., Chemeris N.K. et al.,

1998) [27, 197, 199] авторы использовали желобковую антенну (желобковая антенна, в отличие от диэлектрической и рупорной, обеспечивает однородное пространственное распределение удельной поглощенной мощности в используемом диапазоне частот и широкополосное согласование с объектом, как в ближней, так и в дальней зонах излучателя). Впервые было показано, что ответ клеток иммунной системы — нейтрофилов мыши — на действие низкоинтенсивных ММВ ($1-150 \text{ мкВт/см}^2$) имеет резонансноподобный характер зависимости как от несущей, так и от модулирующей частот излучения (Гапеев А.Б. и др., 1996) [27]. Впервые были получены данные, указывающие на зависимость эффектов ММВ от индукции постоянного магнитного поля, сравнимого по величине с геомагнитным полем Земли (Гапеев А.Б. и др., 1999) [31]. На основе полученных экспериментальных результатов и с применением методов теории устойчивости и теории детерминированных хаотических колебаний, проведен анализ изменений кальций-зависимых процессов внутриклеточной сигнализации при действии низкоинтенсивных модулированных ММВ (Gapeyev A.B., Chemeris N.K., 2000; Gapeyev A.B., Sokolov P.A., Chemeris N.K., 2001) [193, 198].

Впервые с единых позиций удалось объяснить зависимость биологического эффекта от функционального состояния объекта, наличие амплитудно-частотных «окон» в ответе системы на воздействие, пороговый характер эффекта и роль шумового воздействия, как управляющего сигнала. Была показана важность формы действующего на систему электромагнитного сигнала для качественных и количественных характеристик эффекта. Этот результат является принципиальным с точки зрения возможности управления функциями клеток различного типа путем воздействия внешним электромагнитным полем со специальным образом подобранными параметрами.

Проведено исследование влияния низкоинтенсивных ММВ на различные звенья иммунной системы лабораторных

животных. Показано, что при тотальном облучении животных ММВ не влияли на гуморальный иммунный ответ, оцениваемый по количеству антителообразующих клеток в селезенке и титрам гемагглютинирующих антител, но снижали выраженность клеточного иммунного ответа в реакции гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ) (Лушников К.В., Гапеев А.Б., Садовников В.Б. и др., 2001; Лушников К.В., Гапеев А.Б., Шумилина Ю.В. и др., 2003) [80, 82].

Так, в работе Лушников К.В., Гапеев А.Б. и др. (2001) [80] было исследовано влияние тотального облучения здоровых мышей линии NMRI низкоинтенсивными ММВ (42,0 ГГц, 150 мкВт/см²) на показатели гуморального иммунного ответа на тимусзависимый антиген. Животных облучали в дальней зоне антенны в течение 20 мин в разных режимах: однократно и ежедневно в течение 5 и 20 суток до иммунизации эритроцитами барана и в течение 5 суток после иммунизации на протяжении развития иммунного ответа. Интенсивность гуморального иммунного ответа оценивали на 5-е сутки после иммунизации по количеству антителообразующих клеток селезенки и титрам гемагглютинирующих антител. Определяли массу селезенки, клеточность тимуса, селезенки и красного костного мозга. Достоверных отличий указанных показателей после одного и пяти облучений при формировании иммунного ответа обнаружено не было. После серии воздействий в течение 20 сут клеточность тимуса достоверно снижалась на 17,5%, а клеточность селезенки на 14,5%. Авторы считают, что полученные результаты служат доказательством того, что многократное облучение здоровых животных низкоинтенсивными ММВ может влиять на процессы иммуногенеза. **Был сформулирован, с нашей точки зрения, чрезвычайно важный вывод о кумулятивном характере ответа целого организма на ММВ, т.е. на наличие в организме механизмов накопления и сохранения информации об облучении.**

Для оценки влияния ММВ на клеточно-опосредованный иммунитет авторы использовали реакцию гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ). Для постановки реакции ГЗТ мышей сенсibilизировали введением 1×10^7 эритроцитов барана (ЭБ). Животных опытной группы тотально облучали ММВ (42,0 ГГц, 100 мкВт/см², 20 мин/с) в течение 5-ти суток по 20 мин/сут после сенсibilизирующей инъекции и до разрешающей инъекции (Лушников К.В. и др., 2003) [82]. Было показано, что ММВ практически полностью подавляют неспецифическое воспаление, вызванное подкожным введением ЭБ, и снижают выраженность иммунного воспаления.

Было обнаружено, что реакции неспецифического иммунитета являются высокочувствительными к действию низкоинтенсивных ММВ (Коломыцева М.П., Гапеев А.Б., Садовников В.Б. и др., 2002) [75].

Облучение интактных мышей ММВ приводило к существенному уменьшению количества активных фагоцитов (процент фагоцитоза) в периферической крови. Впервые с использованием электрофореза индивидуальных клеток в геле агарозы (метода ДНК-комет) было обнаружено, что воздействие низкоинтенсивными ММВ приводит к изменению пространственной организации хроматина клеток иммуногенных органов животных (тимуса и селезенки) (Гапеев А.Б., Лушников К.В., Шумилина Ю.В. и др., 2003) [25].

Было показано, что локальное воздействие низкоинтенсивными ММВ приводит к дегрануляции тучных клеток дермы. Авторы сделали предположение, что реакция тучных клеток кожи может быть важным усилительным механизмом в цепочке событий, ведущих к системному отклику организма на воздействие низкоинтенсивных ММВ с участием нервной, эндокринной и иммунной систем (Попов В.И., Рогачевский В.В., Гапеев А.Б. и др., 2001) [93].

Полученные результаты демонстрируют, что реализация действия ММВ на уровне организма происходит при непосред-



Гапеев А.Б. — профессор, доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник Пуцинского научного центра биологических исследований РАН

ственном участии регуляторных систем, ответственных за поддержание гомеостаза (Лушников К.В., Гапеев А.Б., Чемерис Н.К., 2002) [81].

С использованием моделей острого неспецифического воспаления впервые продемонстрировано, что низкоинтенсивные ММВ (42,0 ГГц, 100 мкВт/см², 20 мин) оказывают выраженное противовоспалительное действие. Было обнаружено, что кинетические параметры и величина противовоспалительного эффекта ММВ подобны таковым при действии однократной терапевтической дозы нестероидного противовоспалительного препарата диклофенака натрия. Совместное действие диклофенака натрия и ММВ вызывало частичный аддитивный эффект снижения экссудации и гипертермии очага воспаления. Результаты сравнительного анализа дают основание полагать, что противовоспалительное действие низкоинтенсивных ММВ может реализовываться посредством ингибирования ключевого фермента воспалительной реакции циклооксигеназы с последующим снижением синтеза простагландинов (Lushnikov K.V., Shumilina J.V., Yakushev E.Y., Gapeyev A.B., Sadovnikov V.B., Chemeris N.K., 2005) [262].

Было показано, что клеточные механизмы реализации противовоспалительного действия ММВ связаны с изменением функциональной активности фагоцитирующих клеток очага воспаления (снижение фагоцитарной активности и продукции активных форм кислорода). Совокупность полученных результатов позволила авторам выдвинуть «гистаминовую» гипотезу реализации биологического действия ММВ на уровне целого

организма (Гапеев А.Б., Лушников К.В., Шумилина Ю.В., Чемерис Н.К., 2006) [26].

Эти данные могут служить объяснением эффективному использованию ММВ для лечения заболеваний, в патогенезе которых отмечаются выраженные воспалительные процессы.

Впервые в условиях корректного дозиметрического обеспечения были исследованы противовоспалительные и противоопухолевые эффекты ММВ в широком диапазоне параметров излучения (интенсивностей, несущих и модулирующих частот, длительностей и кратностей экспозиции). В результате определены оптимальные режимы воздействия, способные оказывать выраженные биологические эффекты (противовоспалительный, противоопухолевый, генопротекторный) (Gapeyev A.B., Kulagina T.P., Aripovsky A.V., Chemeris N.K., 2011; Гапеев А.Б., Лукьянова Н.А., 2015; Gapeyev A.B., Aripovsky A.V., Kulagina T.P., 2015; Gapeyev A.B., Aripovsky A.V., Kulagina T.P., 2019) [194, 23, 191, 192].

Была подтверждена возможность проявления синергического эффекта модулированного электромагнитного излучения при применении специальной комбинации несущей и модулирующей частот, особенно ярко выраженного при частотах модуляции 0,07-0,1, 0,5-2 и 20-30 Гц (Gapeyev A.B., Mikhailik E.N., Chemeris N.K., 2008; Gapeyev A.B., Mikhailik E.N., Chemeris N.K., 2009) [195, 196].

Среди ключевых звеньев, ответственных за реализацию аддитивных и синергических эффектов ММВ на клеточном и организменном уровнях, следует выделить выраженную реакцию хроматина лимфоидных клеток, имеющую направленность генопротекторного действия излучения при воспалительном процессе; активацию Т-клеточного иммунитета, проявляющаяся в быстрой мобилизации зрелых Т-лимфоцитов из селезенки и тимуса облученных животных; значительное увеличение содержания ряда омега-3 и омега-6 полиненасыщенных жирных

кислот в тимусе облученных животных, приводящее к созданию специфического цитокинового профиля, обуславливающего противовоспалительный эффект ММВ. С использованием реакции обратной транскрипции и полимеразной цепной реакции в реальном времени было обнаружено, что у облученных ММВ животных увеличивается экспрессия генов IL-1b и IFNg в тимоцитах и существенно усиливается экспрессия генов IL-1b, IL-10 и TNF α в спленоцитах (Гапеев А.Б., Сирота Н.П., Кудрявцев А.А., Чемерис Н.К., 2010) [28].

Полученные результаты свидетельствуют о том, что основные механизмы реализации эффектов низкоинтенсивных ММВ связаны с модификацией иммунного статуса организма в результате системной реакции на воздействие излучения. Посредством включения определенных обозначенных выше сигнальных систем может осуществляться направленный ответ организма на специфическую комбинацию эффективных параметров электромагнитного излучения.

Таким образом, необходимо изучение как первичной рецепции биологической системы воздействия ММВ, так и следующего за ней отклика на уровне системного иммунного ответа. Эффект оказался достаточно значительным при воздействии ММВ на кожу, что является подтверждением роли кожи в механизмах биологического действия ЭМИ (Родштат И.В., 1985; Ильина С.А., Бецкий О.В., 1989; Попов В.И. и др., 2001; Alekseev S.I., Ziskin M.C., 2009) [98, 72, 93, 137].

На основе итогов работ специалистов Института биофизики клетки РАН и других исследователей в СССР (России) и за рубежом, может быть сформулировано следующее заключение: «Рассмотренные нами материалы позволяют прийти к выводу о том, что иммунную систему можно отнести к критической системе при оценке биологического действия ММВ малой интенсивности. Этот вывод приобретает особое значение в связи с повышенной ролью иммунной системы, как в период, так и после пандемии коронавируса».

1.2.4. Реакция зарубежных стран на внедрение новой 5G-технологии

На формирование вывода об опасности 5G-стандарта для населения влияют реакции многих стран на эту новую технологию. Ряд стран не дают согласие на развертывание на их территориях 5G-стандарта. На состояние 2020 года Муниципалитеты Швейцарии настаивают на доказательстве безопасности 5G-стандарта, прежде чем, можно будет выдать разрешение на внедрение 5G-технологии. После растущей обеспокоенности по поводу последствий для здоровья населения сети 5G, правительство Нигерии не выдало лицензии на развертывание сети 5G в стране. Словения остановила внедрение технологии 5G в ожидании результатов исследований по безопасности и охране здоровья населения. Более 140 итальянских городов приняли решение о прекращении развертывания 5G-стандарта. Министр окружающей среды Бельгии, заявил, что их граждане «не будут морскими свинками, здоровье которых можно продавать с прибылью». Великобритания (UK) требует срочной оценки здоровья и безопасности на 5G.

В Австралии и Новой Зеландии медицинское сообщество находится просто в панике в связи с отсутствием какой-либо информации о возможном неблагоприятном влиянии на здоровье населения технологии 5G (Bandare P. et al., 2020) [151]. Группа ведущих специалистов этих двух стран опубликовала статью в июле 2020 года под названием «Развертывание беспроводной сети 5G и риски для здоровья: время для медицинского обсуждения в Австралии и Новой Зеландии». Авторы этой статьи так выразили свою озабоченность: «Экспертная группа ARPANSA, при отсутствии клиницистов и биомедицинских экспертов в своем составе, выдает заключения о безопасности технологии 5G, вводя тем самым в заблуждение австралийскую медицинскую систему. Для точной оценки риска для здоровья населения необ-

ходимо проведение жесткой научной экспертизы». Ученые Австралии обращают внимание, что не профильные специалисты решают проблему безопасности ЭМП для населения. Приводится пример, когда профессор R. Kraft (доктор психологии), председатель рабочей группы ICNIRP, которая консультирует ВОЗ, выйдя за рамки своих знаний, провел анализ данных об опухолях мозга в Австралии и пришел к отрицательному выводу.

«План развертывания 30 000 спутников в космосе и миллионов передатчиков 5G на Земле без какой-либо официальной оценки на здоровье населения и окружающую среду, является безрассудным. Мы обращаемся к медицинскому сообществу Австралии и Новой Зеландии с призывом активно заниматься этой важной темой в целях защиты здоровья населения» (Bandare P. et al., 2020) [151].

В ноябре 2020 года опубликовано «Консенсусное заявление британских и международных медицинских и научных экспертов и практиков о воздействии неионизирующего излучения на здоровье населения (NIR)», которое выражает очень тревожное мнение большинства населения на начало 2021 года по оценке опасности внедрения 5G-стандарта:



**2020 Consensus Statement of UK and International
Medical and Scientific Experts and Practitioners on
Health Effects of Non-Ionising Radiation (NIR)**

«Даже незначительные нарушения определенных параметров здоровья могут быть приравнены к очень серьезному ущербу для здоровья населения, когда нарушением функций организма страдает большое количество людей. В этом случае

пострадает все население, и это может иметь очень разрушительные последствия как для общего состояния здоровья наций, так и, впоследствии, для экономики.

Необходимы действительно прогрессивные средства, способствующие технологической эволюции, но способами, которые не наносят ущерба биологическим системам. Они могут быть реализованы только после проведения объективных научных исследований. Прямо здесь и сейчас альтернативы с проводным подключением представляют собой более безопасный, устойчивый и доступный путь вперед.

Мы, нижеподписавшиеся, заявляем, что «Пункты неотложных действий» должны быть немедленно рассмотрены Правительством Великобритании и другими международными правительствами, чтобы предотвратить человеческие травмы, болезни, смерть и потенциально необратимый ущерб окружающей среде. Люди должны иметь право не подвергаться опасности против их воли. Мы просим держать ответ Министерство здравоохранения Англии и правительства Ее Величества, чтобы объяснить, как они будут обеспечивать это». (Consensus Statement, 2020) [126].

Этот призыв был подписан более 300 врачами и учеными и, в том числе, одним из авторов этой книги (профессором Ю.Г. Григорьевым).

Призыв был одобрен следующими объединениями врачей и форумами ученых: Инициатива врачей в области радиации и окружающей среды (PHIRE); Британское общество экологической медицины (BSEM); Фонд Альборада (Испания); Американская академия экологической медицины (AAEM); Австралийский колледж диетологии и медицины окружающей среды (ACNEM) Европейская академия экологической медицины; (EUROPAEUM) Итальянская ассоциация врачей-экологов (ISDE Italia); Национальная ассоциация экологической медицины (NAEM USA).

За рубежом этой ситуации уже дано название «Самый большой эксперимент в истории мира».

1.3. Суждение авторов об опасности

В условиях кратковременных воздействий ММВ с малой интенсивностью, мы можем считать наличие двух критических органов — кожу и глаз.

Оценивая результаты предварительных исследований по возможному влиянию только ММВ (5G-стандарт) на здоровье населения, правомерно ожидать неблагоприятного влияния ММВ: нарушения нормального функционирования со стороны критических органов кожи и глаз, а так же опосредованных системных реакций всего организма, и, прежде всего, нервной и иммунной систем.

Воздействие низкоинтенсивных воздействие ММВ на живые системы носит универсальный характер: биологические эффекты наблюдаются в системах различной степени сложности — от микроорганизменного и клеточного уровней, до уровня целого организма.

Научных данных о возможном неблагоприятном воздействии миллиметровых волн недостаточно для разработки научно обоснованных гигиенических нормативов и для определения государственной политики в сохранении здоровья населения. При воздействии ММВ на население, возможно превышение поглощенных доз, рекомендованных FCC и ICNIRP.

Необходимо прогнозирование возможного изменения традиционного уклада жизни многонационального населения РФ.

Влияние ММВ на биосферу является реальной ситуацией.

ГЛАВА 2. СУММАРНАЯ ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ПЛАНЕТАРНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

Естественно, в настоящее время предпринимаются попытки суммарно оценить опасность электромагнитного планетарного воздействия на население с учетом одновременного использования технологий 3G, 4G и 5G сотовой связи. Исходя из поставленной задачи, прежде всего, считаем целесообразным систематизировать ранее полученные результаты при использовании технологии 3G и 4G с целью определения биоэффектов, адекватных для оценки их опасности и в последующем дать суммарную оценку планетарной электромагнитной опасности с учетом всем трех стандартов — 3G, 4G и 5G.

Рассмотрим сейчас существующие два источника ЭМП сотовой связи стандартов 3G и 4G: базовые станции и абонентские терминалы — мобильные телефоны, компьютеры и др. гаджеты. Эти источники существенно отличаются по размерам облучаемого тела, по интенсивности и времени воздействия на население: длительное и принудительное хроническое облучение всего тела или добровольное локальное и кратковременное воздействие критического органа, но более интенсивное. В связи с этим, критерии оценки опасности должны быть иными и иметь различные величины гигиенических стандартов.

БС осуществляют воздействие ЭМП РЧ всего тела человека (общее облучение) и что важно, с малой интенсивностью, а абонентские терминалы производят локальное облучение, но с большей интенсивностью, например, головного мозга и анализаторов, находящихся во внутреннем ухе, а так же щитовидную железу.

Воздействие ЭМП БС круглосуточное и постоянное, а абонентских терминалов — периодическое и кратковременное. Кроме того, важно учитывать, как временные параметры пользования гаджетов, так и конкретные условия их применения пользователем. С точки зрения радиобиолога, могут быть различны возможности накопления биоэффекта, характер самого сигнала, например модуляции и некоторых других физических факторов внешней среды. Недопустимо оценивать опасность мобильной связи, ограничиваясь лишь оценкой общих физических параметров.

Эти два источника — базовые станции и различные гаджеты, в том числе мобильные телефоны, требуют специального, именно отдельного дополнительного рассмотрения.

2.1. Характеристика существующей электромагнитной обстановки

2.1.1. Базовые станции, Wi-Fi

Увеличение техногенного электромагнитного фона окружающей среды происходит в геометрической прогрессии и, прежде всего, за счет базовых станций (БС).

Действительно, сегодня имеется целый набор источников ЭМП, например, базовые станции, которые осуществляют круглосуточное и пожизненное электромагнитное тотальное облучение всего тела населения ЭМП РЧ как одной несущей частотой, так и одновременно совокупностью различных частот и с различными модуляциями. Это воздействие суммируется за счет рядом расположенных БС других провайдеров. Еще накладываются новые источники БС — это стационарные приемопередающие радиотехнические объекты, излучающие электромагнитную энергию в радиочастотном диапазоне (ЭМП РЧ) и обеспечивающие связь между абонентскими терминалами.

В работе сотовой связи применяется принцип деления некоторой территории на зоны, обычно от 0,5 до 40 км. Сейчас в России более 500 тысяч БС. Антенны БС должны устанавливаться в нашей стране на высоте 15-100 м от поверхности земли как на существующих постройках (зданиях различного назначения, дымовых трубах промышленных предприятий и т.п.), так и на специально сооруженных мачтах. Мощность излучения БС (ее загрузка) зависит от времени суток и количества пользователей.

По результатам измерений ЭМП 347 базовых станций сотовой связи, проведенных под руководством О.А. Григорьева, диапазон измеренных значений ППЭ в местах возможного доступа людей (населения) составил от 0,17 до 471 мкВт/см² (Grigoriev Y., Grigoriev O., Merkulov A., 2005; Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., 2013) [203, 57]. Максимальные измеренные значения фиксировались на кровле зданий, на которых были размещены антенны БС. Значения, превышающие ПДУ — 10 мкВт/см², были зарегистрированы также в помещениях зданий, удаленных не далее 100 м от антенны и расположенных по азимуту проекции главных лучей диаграммы направленности антенн. На территории жилой застройки при измерениях на высоте 2 м от уровня земли не было зафиксировано превышение ПДУ ни в одной из точек. Однако в нарушение гигиенических законодательств и при ослаблении контроля со стороны соответствующих организаций, БС монтируются уже в нескольких десятках метров от жилых домов, на уровне 2-3 этажей, «заглядывая» в окна жилых помещений по азимуту проекции главного пучка (рис. 6).

Таким образом, БС реально формируют сложно организованный, изменяющийся во времени, модулированный и многочастотный режим облучения в относительно небольшой интенсивности, но имеющий локальные градиенты, иногда превышающие максимальные значения ППЭ ЭМП, приближаю-



Рис. 6. Расположение БС на уровне окон жилого дома на расстоянии нескольких десятков метров

щиеся к тепловым уровням. Средние значения интенсивности на селитебной территории и в жилых помещениях, по данным различных стран, не превышают единиц $\text{мкВт}/\text{см}^2$, но могут достигать нескольких сотен $\text{мкВт}/\text{см}^2$.

Wi-Fi относится еще к одному дополнительному источнику ЭМП с частотой 2,4 Гц. По техническим причинам имеется ограничение по распространению электромагнитной волны, обеспечиваются «точечные» возможности для пользователя и, что важно, ППЭ в десять раз меньше, чем излучения от БС. С нашей точки зрения, опасность излучения Wi-Fi следует учитывать в сочетании с ЭМП других частот, с различными модуляциями в среде обитания населения, а также с учетом расположения используемого гаджета, например на коленях пользователя (Markov M, Grigoriev Y., 2013) [268]. Имеется утверждение о возможности развития серьезной патологии при воздействии только излучения Wi-Fi: «окислительного стресса, повреждение сперматозоидов, нейропсихиатрические эффекты, включая

апоптоз, повреждение клеточной ДНК, эндокринные изменения» (Avendaño C. et al., 2012; Pall M., 2018) [148, 292].

Сложный сигнал по частоте и модуляции может привести к более серьезным неблагоприятным последствиям. В нашей лаборатории, в экспериментах на кроликах, развивался судорожный синдром при комплексном одновременном воздействии несколькими несущими ЭМП с различными частотами и малой интенсивности (Григорьев Ю.Г., Сидоренко А.В., 2010; Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., 2013) [63, 57].

2.1.2. Абонентские терминалы. Мобильные телефоны

Мобильный телефон/смартфон — это особый вид излучателя. *Мобильные телефоны и современные смартфоны, которые представляют сами по себе мощные компьютерные устройства, необходимо отнести, по аналогии с ионизирующим излучением, к открытым и не контролируемым источникам электромагнитного излучения, к источникам значимого воздействия и повышенной опасности. Эти источники находятся в открытой продаже и доступны для всех групп населения, включая детей.*

При использовании МТ происходит локальное облучение мозга, а также воспринимающих нервных структур рецепторов слуха, вестибулярного и отолитового аппаратов, которые находятся во внутреннем ухе, непосредственно «под лучом» (Григорьев Ю.Г., 1997, 2001) [52, 50]. Происходит интенсивное облучение щитовидной железы (Григорьев Ю.Г., Воронцова З.А., Ушаков И.Б., 2020) [56].

Очень часто население использует МТ неоправданно, разговор продолжается достаточно длительное время.

Во время беременности возможны самые разнообразные варианты расположения персональных источников ЭМП

РЧ: женщины носят сотовый телефон вблизи малого таза (рис. 7, А); ведут переговоры по сотовому телефону, не ограничивая себя; используют портативные компьютеры с беспроводным широкополосным доступом к Интернету, в том числе планшетные компьютеры, ноутбуки (рис. 7, В). Иногда сотовый телефон используют для так называемой пренатальной музыкотерапии — для передачи музыкальных программ развивающегося эмбриону (рис. 7, Б).

Уже в первые дни и месяцы после рождения ребенок также может периодически облучаться ЭМП, т.к. родители в этот период активно пользуются мобильными телефонами и, как правило, во время кормления ребенка. Кроме того, если рождается недоношенный ребенок, то при его нахождении в инкубаторе он также подвергается электромагнитному облучению. Зачастую, в самые первые годы жизни родители в качестве своей забавы знакомят детей с сотовым телефоном, при этом дети воспринимают его как очередную игрушку (рис. 7, Г).



Рис. 7. Варианты расположения персональных источников ЭМП РЧ, способствующие воздействию ЭМП на всех стадиях внутриутробного развития и в раннем возрасте ребенка

2.1.3. Гигиенические стандарты при технологии 2G, 3G и 4G

Основным гарантом безопасности ЭМП сотовой связи для здоровья населения являются гигиенические нормативы. Введение нового источника электромагнитных полей 5G, работающего параллельно с уже существующими мобильными технологиями 2, 3 и 4G, может побудить промышленность сохранить существующие нормативы. В этой связи необходимо рассмотреть более подробно состояние этой проблемы на сегодня и понять причину игнорирования соответствующими международными структурами появления дополнительного источника ММВ.

В настоящее время, с учетом появления новых критических органов — кожного покрова и роговицы глаза, отсутствуют нормативы для ММВ. Нет и базы научных данных для их обоснования. Облучение населения ММВ без нормативов, естественно аморально, похоже на проведение «Эксперимента над населением» с наблюдением возможного развития патологического процесса по принципу «Понаблюдаем. Что будет? Потом примем нормальные стандарты» (Григорьев Ю.Г., 2018; Grigoryev Yu.G., 2018) [43, 45, 209]. По логике, это будет слишком поздно.

Основным препятствующим фактором для пересмотра ранее рекомендованных стандартов является сама Комиссия по защите от неионизирующего излучения (ICNIRP). Эта международная Комиссия, созданная в Германии, является не государственной организацией и источники ее финансирования не ясны. В настоящее время имеются обращения к Германии лишить ее финансирования (Hardell L., Carlberg M., 2020) [216]. Тем не менее, на протяжении более 20 лет члены этой Комиссии при определении стандартов для ЭМП основываются только на острых, очень кратковременных и тепловых воздей-

ствиях радиочастотного излучения, что противоречит реально существующей радиационной обстановке. Однако их рекомендации используются большинством стран мира. ICNIRP при поддержке ВОЗ и крупнейших телекоммуникационных компаний прикладывает значительные усилия, чтобы убедить страны всего мира следовать их руководящим принципам. На это указывается многими Отечественными и зарубежными учеными (Grigoryev Yu.G., 2017; Hardell L., 2017) [205, 215].

Многие страны самостоятельно вводят более жесткие нормативы, даже по сравнению с Российскими стандартами (10 мкВт/см^2), которые являлись более жесткими на протяжении более 30 лет. На сегодня более 12 стран ввели в действие более жесткие нормативы, чем, например, в России: Австрия, Италия, Канада, Бельгия, Китай, Испания, Бразилия, Болгария, Польша и др. (рис. 8). Эти решения основываются на признании ученых этих стран нетепловых механизмов биологического действия ЭМП РЧ низких уровней. Разброс ПДУ, используемых в различных странах, в настоящее время весьма велик — от $0,006$ до 1000 мкВт/см^2 (Grigoriev Yu., 2018) [204]. Научная рабочая группа «BioInitiatiiv», состоявшая из 29 ученых из 10 стран, на основе анализа многочисленных собственных работ и опубликованных результатов ряда других исследований (около 2 000 публикаций), рекомендовала установить ПДУ на уровне $0,0006 \text{ мкВт/см}^2$, т.е. разброс ПДУ ЭМП РЧ увеличился еще на несколько порядков.

ICNIRP предлагает измерять только «средние значения» радиочастотного излучения. Однако помехи и эффекты между импульсами от различных источников радиочастотного излучения могут приводить к возникновению кратковременных импульсов с более высокой плотностью, чем рекомендуемые ICNIRP средние значения плотности мощности со значением 10 Вт/см^2 (Puranen L., 2018) [299]. Было четко продемонстрировано, что использование средних значений для радиационного

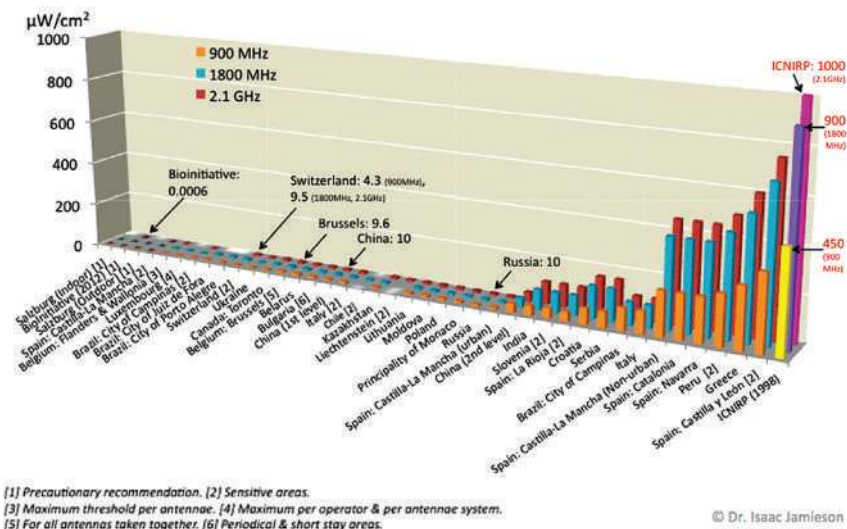


Рис. 8. Ужесточение государственных стандартов в различных странах мира при хроническом воздействии ЭМП РЧ за последние 17 лет (Jamieson I., 2014) [238]

излучения может привести к недооценке риска их воздействия (Chavdoula E.D. et al., 2010) [166]. Интенсивность, частота, продолжительность воздействия, условия использования гаджетов, поляризация, пульсация и модуляция являются ключевыми параметрами для оценки биологической активности ЭМП (Григорьев Ю., 1996) [48], а плотность мгновенного эффекта может быть намного сильнее, чем средние значения (Жаворонков Л.П., Петин В.Г., 2018) [70].

Спорная проблема о тепловом или нетепловом механизме биологического действия ЭМП РЧ применительно к нормированию имеет решающее значение, но находится в стадии «упорного обсуждения» уже на протяжении 30 лет. Были созданы различные Комиссии, проходили многочисленные международные встречи, круглые столы, неофициальные форумы. Все они, к сожалению, завершались признанием тепловых механизмов

биологического действия ЭМП РЧ. Это было обусловлено тем, что эта точка зрения активно поддерживалась телекоммуникационной промышленностью. Промышленность финансировала только те исследования, где был предсказуем отрицательный результат — отсутствовало влияние низких уровней ЭМП РЧ на биосистемы. Специально подбирались определенные методики проведения эксперимента и статистической обработки результатов. Некоторые ученые были ангажированы [215, 243, 271].

Консультативный Комитет ВОЗ, ICNIRP, IEEE и ANSI, защищая только одну концепцию тепловых эффектов ЭМП РЧ в течение многих лет, стали полностью научными банкротами. На это указывает, например, Резолюция Еврокомиссии от 2011 года с требованием пересмотреть стандарты [96]. Во многих рецензируемых зарубежных журналах были опубликованы статьи с требованием пересмотра стандартов, с резкой критикой работы этих организаций.

Многочисленные требования пересмотра Международных рекомендаций заставило ICNIRP начать этот процесс. Было обещано в течение первой половины 2018 года подготовить версию обновленных руководящих принципов. Документ планировали завершить в середине 2018 года. Однако, как не странно, появилась информация, что из-за недостаточности финансирования процесс пересмотра нормативов отложен. Необходимо отметить, что в это время население продолжает круглосуточно облучаться ЭМП РЧ с учетом старого стандарта ICNIRP 1000 мкВт/см².

В 2017 году в Мюнхене состоялся симпозиум по электромагнитной радиационной безопасности. В совещании приняли участие две международные организации, ответственные за разработку систем радиационной безопасности: Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) и Международная комиссия по защите от неионизирующей радиации (ICNIRP). Фактически, основной темой было определение под-

ходов к международным системам радиационной защиты. Был обмен информацией, мнениями об этических и научных основах принципов защиты населения. Однако надежда не оправдалась, ICNIRP не учел богатейший опыт МКРЗ по регламентации ионизирующего излучения и остался на платформе «теплого» действия ЭМП.

В Германии в 2020 году была создана группа, в основном юристов, для раскрытия скрытой информации о рисках для здоровья населения и безопасности мобильных телефонов. Эта группа по информированию о мобильных телефонах — инициатива Whistleblowing International — призывает граждан, особенно нынешних и бывших сотрудников Motorola и других компаний мобильной связи, сообщать информацию **«о мошенничестве, обмане, коррупции или других неправомерных действиях в отрасли»**. Эта группа установила, что Motorola, как ни странно, управляла радиочастотной исследовательской лабораторией в штаб-квартире Plantation, штат Флорида, с 1993 по 2009 год. «Открыв лабораторию, Motorola начала формировать направление исследований в области мобильных телефонов и публичных выступлений с выводами о безопасности СТ. «Компания сыграла значительную роль в финансировании научных исследований, решая, какие научные исследования следует проводить, работая в редакционных советах научных журналов и наблюдая за нормотворческими организациями, определяющими официальные пределы радиационного облучения». Наиболее влиятельной организацией был Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE).

Эта ситуация, начиная с 1995 года, была достаточно полно освещена в монографии Kane R. «Русская рулетка» [242]. Kane R., бывший вице-президент компании «Моторола», в первые годы реализации программы сотовой связи, после оставления своих полномочий, так оценил ситуацию выполнения задачи дезинформации населения об опасности сотовых телефонов

для здоровья пользователей: **«Никогда в истории человечества не было такой практики, с которой мы сталкиваемся сейчас при маркетинге и распространении продукции отрасли в биологическую систему человека, заранее зная об этих эффектах».**

К нашему большому сожалению, в настоящее время, уже в 21 веке, на основе многочисленных публикаций в России и за рубежом, и при непосредственном участии одного из авторов этой книги в т.н. однонаправленных дискуссиях, можно с уверенностью заключить, что стратегия дезинформации населения продолжается. В США с интервалом в четыре года Оксфордским университетом издано две монографии (2018 и 2000 годы), которые посвящены дезинформации и обмане в науке, об искажении важных научных данных в ущерб общественному здоровью (рис. 9).

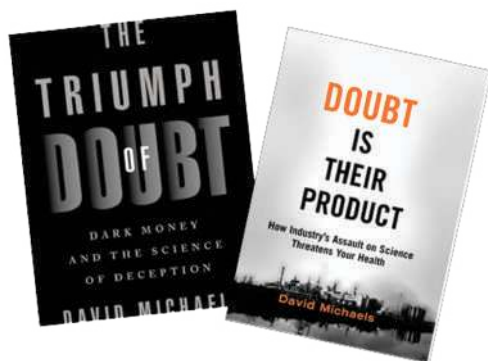


Рис. 9. D. Michaels. Doubt Is Their Product: How Industry's Assault on Science Threatens Your Health. «Сомнение — это их продукт: как нападение промышленности на науку угрожает вашему здоровью». Oxford University Press, 2008.

D. Michaels. Triumph doubt. Dark money and science of deception. «Триумф сомнения. Темные деньги и наука обмана». Oxford University Press 2020 [271]

Автор этих двух монографий **D. Michaels** проработал семь лет в качестве главного регулятора безопасности Америки.

Восприятие содержания книги научной общественностью.

«Новая книга David Michaels «Триумф сомнения» — это демонстрация того, как часто и легко манипулируют наукой, чтобы дискредитировать экспертные знания».

«Мало кто сделал больше для документирования дезинформации о науке, чем David Michaels. Его новая книга — важное дополнение к растущей литературе о сомнениях, дезинформации и обмане».

David Michaels написал убедительное и исчерпывающее обвинение в том, что большой бизнес игнорирует, скрывает или искажает важные научные данные в ущерб общественному здоровью.

С нашей точки зрения, утверждение только о тепловом механизме действия ЭМП РЧ — это преднамеренное искажение представления о механизме биологического действия ЭМП РЧ. Неудивительно, что руководящие принципы радиочастот ICNIRP остаются уже многие десятилетия неадекватными для защиты здоровья человека (Grigoriev Yu., 2017, 2018) [204, 205].

Следовательно, мы имеем различные ПДУ для ЭМП РЧ от 0,0006 мкВт/см² до 1000 мкВт/см², в то время как население имеет круглосуточный постоянный контакт с вредным видом излучения, которое по всем канонам гигиены должно нормироваться. Эту ситуацию можно характеризовать как эксклюзивную, фактически проводится бесконтрольный эксперимент над населением в отсутствии гармонизированных стандартов и прогноза при участии ангажированной группы ученых и административной элиты.

Мы уже ранее упоминали, что ICNIRP это «частный альянс», в который новые члены выбираются самими членами ICNIRP, допускаются к участию только ученые, придерживающиеся того же мнения, что и нынешние члены ICNIRP. Как следствие, в ICNIRP настоящая научная дискуссия не происходит, а консенсус не является результатом реальных научных дебатов. Таким образом, создается тяжелая аморальная ситуация, когда всемирно значимые рекомендации для защиты здоровья населения (гигиенические стандарты ЭМП РЧ и ММВ) определяются фактически самой телекоммуникационной промышленностью, стремясь к максимальной финансовой прибыли и в противовес мнению научной общественности.

Необходимо обратить внимание, что рассмотренные выше нормативы имеют отношение только к базовым станциям и Wi-Fi, когда облучению подвергается весь организм. Однако, фактически при хроническом воздействии ЭМП РЧ в рекомендуемых ICNIRP поглощённых дозах для БС, могут развиваться серьезные патологические процессы. Это подтверждают результаты Российско-Французского эксперимента, проведенного в 2009 году на базе Института биофизики МЗ (Григорьев Ю.Г. и др., 2010; Grigoriev Yu., 2010, 2011) [59-61, 212, 206].

Таким образом, с одной стороны, население подвергается бесконтрольному воздействию ЭМП РЧ в отсутствии гармонизированных стандартов, а с другой стороны, продолжаются бесплодные дискуссии о тепловых и нетепловых механизмах действия ЭМП РЧ низких уровней, хотя уже констатируется определенная патология у пользователей сотовой связью при существующих нормативах INCRIP.

2.2. Критические соматические органы и системы

2.2.1. Головной мозг и рецепторы слухового, вестибулярного и отолитового анализаторов

Терминалы являются неотъемлемыми элементами мобильной связи. Это различные гаджеты и, в частности, мобильный телефон (МТ). При использовании МТ обязательно подвергается облучению ЭМП РЧ головной мозг, его жизненно значимые структуры (рис. 10).

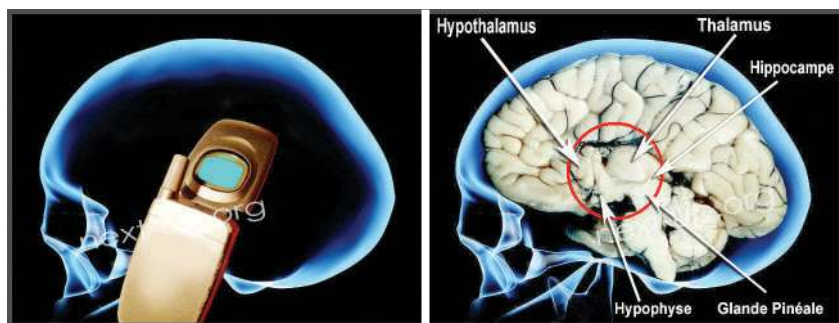


Рис. 10. Облучение жизненно важных структур головного мозга ЭМП РЧ МТ

Под облучением находится и внутреннее ухо (рис. 11), в котором расположены рецепторные зоны трех анализаторов и их проводящие пути — вестибулярного, слухового и отолитового аппаратов, и они подвергаются прямому облучению (Григорьев Ю.Г., 2006; Grigoriev Y., 2006) [53, 211].

Вестибулярный анализатор оценивает положение головы и всего тела в пространстве и изменения этого положения в условиях гравитации. Тем самым вестибулярный анализатор вносит свой вклад в ориентацию в пространстве и поддержание равновесия как в покое, так и при перемещении. **Рецепторная часть** этого анализатора, которая находится под пучком

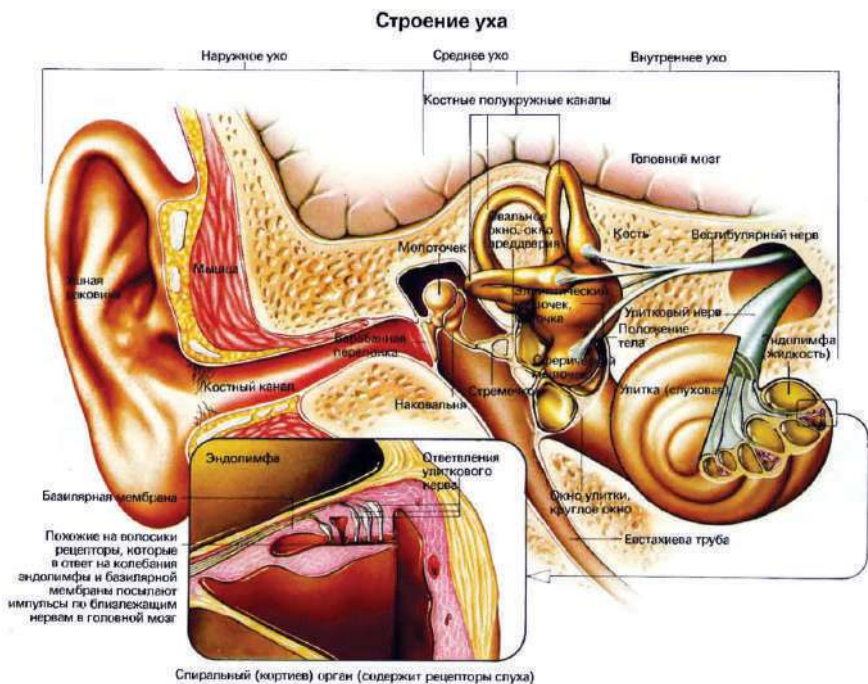


Рис. 11. Внутреннее ухо. Нервные структуры трех анализаторов (рецепторы и их проводящие нервные пути)

воздействия ЭМП РЧ, отличается большим числом рецепторных полей. Для значимости этих структур приводим нервную сеть вестибулярного анализатора и ее связь с головным мозгом (рис. 12).

Важным моментом является то, что распределение поглощенной дозы в мозге полностью зависит от возраста пользователя (рис. 13).

Таким образом, мы имеем полное право отнести мозг и нервные структуры трех перечисленных анализаторов и их проводящие нервные пути, находящиеся во внутреннем ухе, к критическим нервным системам при оценке опасности МТ для населения.

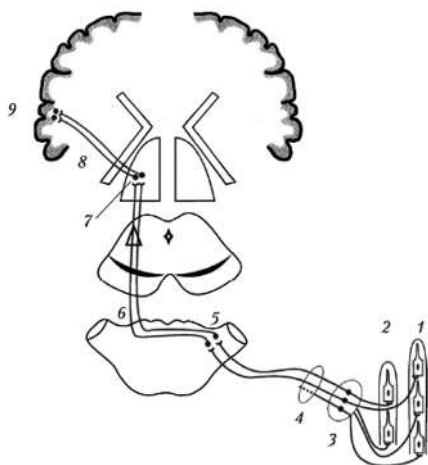


Рис. 12. Вестибулярный анализатор: 1 — ампулярные гребни, 2 — пятна сферического и эллиптического мешочков, 3 — вестибулярный узел (I), 4 — вестибулярная часть преддверно-улиткового нерва, 5 — вестибулярные ядра (II), 6 — аксоны вторых нейронов, 7 — срединные ядра таламуса (III), 8 — таламокорковый путь, 9 — кора теменной и (или) височной долей (IV)

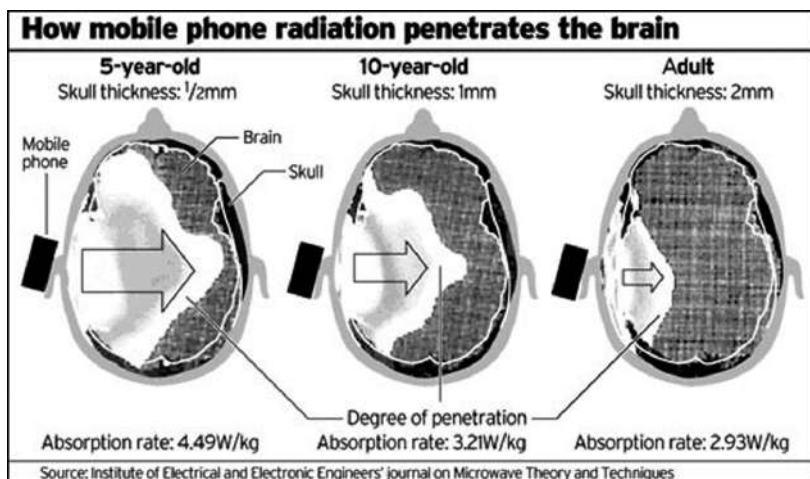


Рис. 13. Распределение поглощенной дозы в головном мозге у детей 5 и 10 лет и у взрослого пользователя МТ (Gandhi O. et al., 1996) [189]

Тем не менее, FCC рассматривают ушные раковины наравне с конечностями тела при определении ПДУ ЭМП РЧ. Как и конечности, ушные раковины вместе с руками, запястьями, ступнями и лодыжками, по мнению FCC, могут иметь менее жесткие нормативы, чем остальная часть тела. Важно отметить, что, приравнивая ушные раковины к конечности, рассматривается исключительно локальный тепловой эффект. Удивительно, но FCC не хочет признать, что ушные раковины располагаются в самой ближней зоне головного мозга, в отличие от рук, запястий, ступней и лодыжек, что привело к установлению менее жестких уровней ПДУ. Хотя предельно ясно, что любое радиочастотное поле в этих условиях непосредственно воздействует на головной мозг.

При использовании МТ воздействие ЭМП РЧ на головной мозг может быть с различной периодичностью, с трудно прогнозируемой суммой времени при учете суточного и жизненного цикла и, наконец, зависит от выбранного вида гаджета. Важно так же, что воздействие происходит в ближней зоне, в которой весьма сложно дать точную характеристику действующему фактору. Таким образом, условия воздействия на головной мозг пользователя МТ, по нашему мнению, могут быть лишь условно прогнозируемые. Прогноз зависит от многих обстоятельств и, прежде всего, от самого пользователя.

Впервые за весь период цивилизации, головной мозг стал критическим органом, ранее он не подвергался облучению ЭМП РЧ. Необходимо отметить, что поглощённая доза ЭМП РЧ в мозге детей в возрасте 5-10 лет увеличивается до двух раз. Это важный аргумент для особого подхода к оценке опасности воздействия ЭМП СС для детей — пользователей МТ.

Возможно ли влияние ЭМП РЧ низкой интенсивности на функцию головного мозга? Научные исследования по этой проблеме в СССР/России и в ряде зарубежных стран имеют большую историю.

Еще в 1960 году в СССР в эксперименте на кроликах были получены данные, указывающие на подавление деятельности головного мозга при его локальном облучении ЭМП, на непосредственное воздействие на структуры мозга (Ливанов М.Н. и др., 1960) [77]. В 1961 году Frey A. (США) высказал предположение, что ЭМП РЧ могут оказывать прямое воздействие на клетки головного мозга [186].



*Профессор
Холодов Ю.А.*

Рассматривая проблему влияния ЭМП РЧ на мозг, необходимо отметить значительную роль пионерских исследований, выполненных Ю.А. Холодовым в 70-х годах прошлого столетия. Им был проведен большой цикл исследований по влиянию МП, ПеМП и ЭМП РЧ на головной мозг. Полученные данные позволили автору сформулировать гипотезы о кумуляции нарушений при повторных воздействиях ЭМП, о возникновении адаптационных процессов, о заинтересованности глиальных клеток в развитии реакций головного мозга при длительном действии ЭМП, о роли рецепторов в реализации биоэффекта, о возможном влиянии на поведенческие реакции, о развитии судорожного синдрома в условиях комбинированного действия ЭМП и других физических факторов внешней среды, о наличии прямого действия ЭМП на мозг (Холодов Ю.А., 1964, 1975, 1996) [109-111].

Необходимо отметить значимость большого числа электрофизиологических работ Чиженковой Р.А. при изучении нейробиоэффектов ЭМП. В приоритетных ее исследованиях были рассмотрены биопотенциалы различных структур мозга при действии ЭМИ СВЧ. Автор делает заключение, что «полученные ранее изменения биоэлектрической активности мозга являются результатом непосредственного действия СВЧ облучения



*Академик РАН
Л.А. Ильин*

на кору больших полушарий, что может привести к нарушению передающей информации в более сложные структуры мозга» (Чиженкова Р.А., 2003) [116].

В этом разделе главы мы проанализируем некоторую серию работ по влиянию ЭМП РЧ на мозг, которая была выполнена в Институте Биофизики МЗ РФ, в лаборатории профессора Григорьева Ю.Г. с 1977 и по настоящее время, т.е. в течение более 40 лет.

При активном содействии директора Института биофизики МЗ РФ академика Ильина Л.А. была создана современная техническая база для проведения как экспериментальных работ с животными, так и для наблюдений за добровольцами при воздействии ЭМП различных частот. Были оборудованы несколько безэховых камер, которые были оснащены генераторами ЭМП различных частот с возможностью создания сложных режимов сигнала (частотная и амплитудная модуляция, пачечно-импульсное воздействие и др.). Предусматривалась возможность одновременного воздействия несколькими несущими частотами. Все камеры имели облицовку радиопоглощающим материалом с коэффициентом поглощения 30 дБ. ЭМП. Все безэховые камеры были оснащены современными комплексами, регистрирующими физиологические реакции.

Одной из поставленных задач была задача получить данные, характеризующие основные тенденции в развитии ответных реакций головного мозга на воздействие ЭМП РЧ низкой интенсивности, доказать, что головной мозг — критический орган при этих условиях воздействия, что должно учитываться при нормировании и оценке опасности ЭМП РЧ для населения.

Обобщения этих результатов были представлены Ю.Г. Григорьевым в двух монографиях, а также в многочис-

ленных отечественных и зарубежных статьях, доложены на зарубежных конгрессах, конференциях и профильных симпозиумах (Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., 2013; Григорьев Ю.Г., Хорсева Н.И., 2014) [57, 65].

Исследования были проведены, прежде всего, с оценкой электрофизиологических эффектов возможного влияния на мозг ЭМП РЧ низкой интенсивности. Большой объем электрофизиологических исследований был проведен профессором Лукьяновой С.Н. в условиях воздействия ЭМП РЧ с малой интенсивностью. Во всех случаях были получены ответные реакции, выраженные в изменении биотоков мозга. Результаты этих исследований были представлены в многочисленных публикациях Лукьяновой С.Н., в книге Григорьева Ю.Г. и Григорьева О.А. (2013) [57] и в ее монографии «Электромагнитное поле СВЧ диапазона нетепловой интенсивности как раздражитель для центральной нервной системы» (2015) [79].

Было показано, что имеются реакции со стороны биоэлектрической активности мозга уже при кратковременном облучении ЭМП РЧ очень низкой интенсивности. Однако сдвиги в биотоках мозга не выходили за пределы нормального уровня функционирования. Важно, что наиболее выраженные изменения относились к дельта-диапазону и возникали они в гиппокампе. Как правило, была получена прямая зависимость между величиной ППЭ и ответной реакцией в условиях повторных облучений. При изучении реакции нейронов мозга на воздействие ЭМП РЧ чаще всего регистрировали тормозной характер реакции.

Были получены данные, указывающие на то, что ЭМП РЧ могут оказывать синхронизирующее действие. Установ-



*Профессор
С.Н. Лукьянова*

лена прямая связь между воздействием ЭМП с определенным видом модуляции или с еще более сложным режимом электромагнитного сигнала и развитием судорожного синдрома (Григорьев Ю.Г., Сидоренко А.В., 2010) [63].

На модели «Импринтинг», при облучении эмбрионов цыплят низкими уровнями ЭМП РЧ, происходило подавление «запечатлевания», т.е. страдала ранняя функция памяти (Григорьев Ю.Г., 1996; Григорьев Ю.Г., Степанов В.С., 1998; Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., 2013; Григорьев Ю.Г., 2014) [48, 64, 57, 44]. При этом была получена четкая дозовая зависимость. В последующих опытах с импринтингом и в эксперименте «с обратной связью» показана возможность прямой фиксации мозгом определенной частотной модуляции ЭМП, т.е. факт прямого действия ЭМП на мозг. На основании этих работ был сделан вывод, что мозг не только отвечает на воздействие ЭМП малой интенсивности, но и способен зафиксировать режим электромагнитного воздействия.

Позднее были исследованы адаптивное поведение и нейрохимические реакции ЦНС у мелких лабораторных животных (мышей и крыс разного возраста) при воздействии модулированным ЭМП очень низкой интенсивности — ППЭ 15 мкВт/см² (Штенберг А.С. и др., 2000) [124]. Облучение проводили в условиях их свободного перемещения по дну пластмассового цилиндра диаметром 250 и высотой 350 мм. Воздействие было острым, продолжительность для разных групп первоначально составляла 15, 30, 60 и 120 минут, а в дальнейших опытах время облучения было стандартным — 30 мин. Для исследования структуры и динамики спонтанного поведения животных авторы использовали методику «открытого поля». В первых экспериментах была исследована структура спонтанного поведения при различной продолжительности воздействия — от 15 и до 120 минут. При всех режимах воздействия прослеживалась тенденция к снижению/торможению ориентировочно-исследо-

вательской активности, наблюдалось угнетение ориентировочного рефлекса. У контрольных животных («ложное облучение») наблюдалась стереотипная двухволновая картина динамики активности в открытом поле, характеризующаяся сменой начальной реакции страха исследовательской активностью с последующим угашением этой реакции. У облученных животных доминирование реакции страха сохранялось в течение всего опыта, угнетая ориентировочно-исследовательскую активность и замедляя процессы адаптации к экспериментальной обстановке. Четкой зависимости от времени воздействия не было получено. Принимая во внимание, что эффекты воздействия ЭМП выявлялись уже при 15-минутной экспозиции, а статистически значимые изменения основных показателей поведения были зарегистрированы при продолжительности воздействия в 30 минут, в последующих опытах авторы использовали только время 30 мин.

В работе Штенберга А.С. и др. (2000) [124] было исследовано содержание моноаминов норадреналина, дофамина и серотонина и некоторых их метаболитов диоксифенилукусной (ДОФУК) и 5-оксииндолукусной (5-ОИУК) кислот в двигательной коре мозга подопытных крыс при ЭМП 970 МГц. У облученных животных было отмечено достоверное 4-кратное снижение уровня норадреналина по сравнению с контролем (опыт $0,131 \pm 0,014$; контроль $0,484 \pm 0,047$; $p < 0,01$). Это коррелирует с ранее зарегистрированным снижением двигательной активности у облученных животных. Изменение содержания дофамина, серотонина и их метаболитов было недостоверно.

Ранее, в начале 80-годов, по решению Советско-Американской Комиссии по проблеме «Изучение биологического действия физических факторов окружающей среды», был проведен синхронный эксперимент в США и СССР по оценке возможного влияния однократного воздействия ЭМП РЧ на ЦНС (Митчел К.Л. и др., 1989) [88]. Опыт проводился на крысах, которые



*Профессор
Lai H.*

подвергались однократному облучению ЭМП 2,45 ГГц с ППЭ 10 мВт/см² в течение 7 часов. Оценивали поведение животных в тесте «открытое поле» и процесс обучения — выработка условного рефлекса избегания. Как в эксперименте, проведенном в США (Национальный Институт гигиены окружающей среды), так и в СССР (Киевский НИИ общей и коммунальной гигиены им. А.Н. Марзеева) не было получено каких-либо отклонений от показателей контрольных животных.

В ряде зарубежных работ зарегистрированы реакции со стороны головного мозга после кратковременных воздействий ЭМП РЧ низкой интенсивности. Lai H. et al. [252] еще в 1994 году показали, что происходят нарушение когнитивных функций в эксперименте после однократного воздействия ЭМП РЧ малой интенсивности. По мнению Lai H., Singh N. (1995, 1997) [253, 254] воздействие ЭМП РЧ оказывает влияние на состояние ДНК в мозге, ведет к кислородному напряжению в биологических системах мозга из-за увеличения свободных радикалов и изменений в антиоксидантных системах защиты.

На протяжении 20 лет, начиная с 1988 года, под руководством профессора Salford L. были проведены исследования ГЭБ по влиянию ЭМП мобильного телефона на головной мозг крыс.

Все эти опыты были проведены на крысах, которых подвергали воздействию ЭМП РЧ в одних и тех же условиях: в специальных безэховых камерах (TEM-cells). В каждой камере помещали по две крысы, одна крыса в верхнем отсеке, а другая — в нижнем (рис. 14). Каждое животное находилось в отсеках в условиях свободного поведения.

Воздействие ЭМП проводили в течение двух часов с частотой ЭМП 900 и 1800 МГц от направленной антенны, находя-



Рис. 14. TEM- cells (Salford L., публикации 1988-2008 годов)

щейся в верхней части безэховой камеры. Результаты проведенных экспериментов показали, что, как сразу после облучения, так и через 7, 14 и 50 дней, происходит повышение проницаемости ГЭБ для альбумина. Альбумин проникает в ткани головного мозга и аккумулируется в нейронах, в клетках глии, вокруг кровеносных капилляров. Первое обобщение этих результатов было сделано в 90-х годах прошлого века (Salford L. et al., 1994, 1997) [311, 312].

Часть исследований были начаты авторами с кратковременного воздействия ЭМП РЧ как в непрерывном режиме генерации, так и с более сложного режима электромагнитного импульса и в условиях различного времени облучения.



*Профессор
Salford L.*

Сроки наблюдения были незначительными, до 2 часов. Всего опыты были поставлены на 1 002 крысах (630 опытных и 372 контрольных). Режим облучения ЭМП 915 Гц был различным: непрерывный и с модуляцией 4, 8, 16, 50 и 217 Гц. В большинстве экспериментов продолжительность воздействия была 2 ч, в некоторых опытах авторы изменяли время облучения от 2 до 960 минут. Животных забивали через 20-120 минут после облучения. Были получены данные, указывающие, что сразу после воздействия ЭМП с непрерывной частотой проницаемость ГЭБ усиливалась. Эти изменения были отмечены более, чем у 50% облученных животных.

Статистическая обработка полученных результатов в последующем эксперименте (48 облученных крыс и 48 контрольных животных, модуляция 217 Гц, стандарт GSM, SAR 0,2-0,4 мВт/кг) показала, что значимые изменения проницаемости ГЭБ были получены с достоверностью $p < 0,001$.

В дальнейших исследованиях, Salford и его коллеги оценку состояния проницаемости ГЭБ в более поздние сроки: на 7, 14, 28 или на 50 день после однократного воздействия ЭМП в течение 2 часов (Salford L. et al., 2003; Nittby H. et al., 2008; Nittby H., 2008; Eberhardt J. et al., 2008) [310, 284, 283, 179]. Облучение осуществлялось ЭМП с частотой 915 МГц от МТ в ранее описанных условиях. Пиковая мощность в безэховой камере была равна 1, 10, 100 или 1000 мВт/см², а SAR был равен 0,12; 1,2 или 12 и 120 мВт/кг. Динамика изменений проницаемости от прошедшего времени после облучения имела волнообразный характер: на 7 и 14 сутки проницаемость ГЭБ усиливалась, на 28 день изменений в проницаемости ГЭБ не было отмечено, а на 50 сутки проницаемость для альбумина значительно увеличивалась.

Таким образом, многолетние исследования профессора L. Salforda и его коллег в своих повторных экспериментах на большом числе животных показали, что под влиянием острых

однократных воздействий ЭМП мобильных телефонов проникаемость ГЭБ увеличивается. Величина этого эффекта не имеет прямой зависимости от величины SAR и проявляется в различной степени от времени, прошедшего от завершения облучения.

Было показано, что глобулин может оказывать нейротоксическое действие. Его введение в паренхиму мозга крысы приводит к повреждению нейронов. В экспериментах Salferd L., Brun A., Eberhardt J. и др. (2003) [310] были получены результаты, показывающие, что после однократного воздействия ЭМП МТ GSM (SAR 2, 20 и 200 мВт/кг) в течение 2 час на 50 сутки можно констатировать поражение нейронов в коре мозга, гиппокампе и базальных ганглиях. Опыты были поставлены на 32 крысах линии Fischer в возрасте 12-26 недель. У облученных животных была отмечена положительная альбуминовая реакция вокруг мелких сосудов в белом и сером веществе мозга. Применялись антитела альбумина при гистохимическом анализе. Реакция проявлялась как коричневатые пятнистые образования или в виде разбросанных обесцвечиваний. Альбумин распространялся в ткани между нейронами, окружая их. Криазол-фиолетовое окрашивание показало наличие поврежденных нейронов, которые были гомогенизированы с потерей заметных внутренних структур клетки, были сморщены и окрашены в темный цвет. Авторы назвали их «темные нейроны». Некоторые из этих темных нейронов были альбумин-положительными или содержали цитоплазматические микровакуоли, что, по мнению авторов, указывало на наличие активного патологического процесса (рис. 15 и 16). Процент «ненормальных нейронов» при грубой оценке составлял максимально около 2%, но в некоторых ограниченных областях они доминировали в поле зрения. Измененные нейроны были во многих структурах мозга, но чаще всего они встречались в коре головного мозга, гиппокампе, базальных ганглиях и были разбросаны среди нормальных нейронов. Эти изменения были статистически значимые ($p > 0,002$).

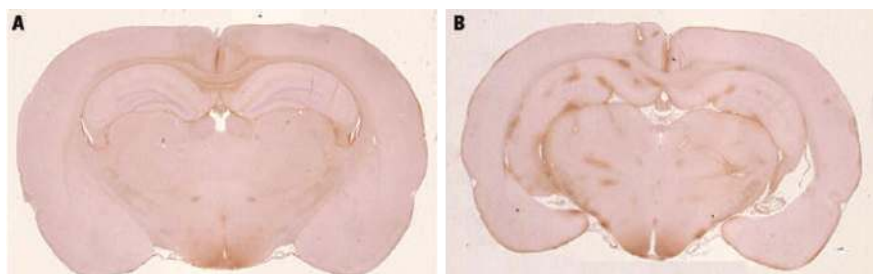


Рис. 15. Срезы центральной части мозга крысы.

А. Контроль. **В.** Облученные ЭМП РЧ крысы.

А. В контроле виден альбумин в центральной внутренней части мозга (гипоталамус) — это норма.

В. Альбумин виден в виде маленьких фокусов, представляющих проницаемость многих сосудов. Увеличение $\times 3$ (Salford L. et al., 2003) [310]

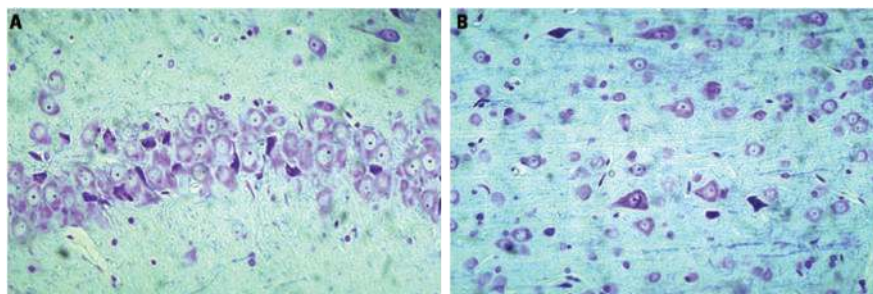


Рис. 16. Кора головного мозга. Срезы мозга контрольных и облученных крыс.

А. Рассеянные нервные клетки в районе полосы пирамидальных клеток гиппокампа; среди нормальных нервных клеток (большие клетки) включены черные и «сморщенные» нервные клетки — так называемые черные нейроны.

В. Нормальные нервные клетки с ненормальными нейронами черными и сморщенными темными нейронами в ткани коры, но с минимальным распространением на разрезе. Увеличение $\times 180$ (Salford L. et al., 2003) [310]

Salford L., обобщая эти результаты, сделал следующее резюме: «Мы впервые представляем здесь свидетельство нейронального повреждения, вызванного нетепловым микроволновым воздействием. Кора, также как и гиппокамп и базальные ганглии мозга облученных крыс, содержали поврежденные нейроны. Мы понимаем, что наше исследование использовало малое число животных, но объединенные результаты значимы и показывают явную дозовую зависимость». Salford L. высказал предположение, что у пользователей МТ может быть более раннее «старение мозга». С точки зрения радиобиолога, для оценки опасности ЭМП МТ авторы получили очень важную закономерность: прямую зависимость между количеством «темных нейронов» в тканях мозга и величиной SAR.

Kesari K. и Behari J. (2009) [246] после облучения мозга крыс на протяжении 45 суток по 2 часа в день (SAR 0,8 Вт/кг) отметили изменение в гиппокампе уровня ферментов, белка, числа двойных разрывов ДНК. Ammari M. et al. (2010) [141] облучали одну группу крыс ЭМП 900 МГц в течение 45 минут в день (SAR 1,5 Вт/кг) и две группы животных в течение 15 минут в день (SAR 6 Вт/кг) на протяжении 8 недель. На 3 и 10 дни после окончания курса облучения определяли уровень белка GFAP, содержание которого было увеличено в астроцитах во всех опытных группах. По мнению авторов, это указывало на неблагоприятное влияние ЭМП МТ на мозг.

Maskey D. et al. (2010) [269, 270] исследовали возможное влияние ЭМП 835 МГц МТ на кальций связанные белки и апоптоз в гиппокампе мозга мыши. Воздействие ЭМП проводили по 8 часов в день в течение 3 месяцев (SAR 1,6 Вт/кг). Авторы получили снижение активности кальций-связанных белков, увеличение иммунореактивности GFAP, наличие апоптоза клеток в отдельных областях гиппокампа. В других сериях эксперимента авторы облучали животных по другой программе: одна серия — 1 час в день в течение 5 суток (SAR от 1,6 до 4,0 Вт/кг); другая

серия — облучение мышей по 1 часу в день в течение одного месяца (SAR 1,6 Вт/кг). По окончании месячного воздействия было зарегистрирована потеря пирамидальных клеток в области CA-1 гиппокампа.

На основе результатов этих проведенных исследований Международная экспертная Комиссия в рамках Шведского Комитета по радиационной защите (SSM) пришла к следующему заключению: **«Эти исследования указывают, что у грызунов ежесуточное воздействие в течение нескольких недель по 45 минут в день и при более длительном облучении ЭМП мобильного телефона (SAR 1,5 Вт/кг и выше) может привести к ответной повреждающей реакции нейронов гиппокампа. Это может иметь влияние на память и когнитивные функции»** [144]. За последние годы за рубежом опубликован ряд дополнительных работ, указывающих на большую чувствительность головного мозга при его более длительном/хроническом облучении ЭМП РЧ малой интенсивности.

Dasdag S. et al. (2015) [171] получили данные, что облучение мозга крыс в течение одного года ЭМП 900 МГц по 3 ч в день (7 дней в неделю) приводит к изменениям РНК в мозге. По мнению авторов, эти нарушения могут привести «к изменению в росте, дифференциации, пролиферации и гибели клеток, подавляя один или несколько генов-мишеней».

Deshmukh P.S. et al. (2016) [172] опубликовали в 2016 году данные о влиянии низкого уровня субхронического СВЧ-излучения на когнитивные функции, на белок теплового шока 70 (HSP70) и уровень повреждений ДНК в мозге крыс.

В этот же период времени были опубликованы два сообщения об изменениях в коре головного мозга у мышей C57BL как при остром облучении, так при двухмесячном воздействии ЭМП 835 МГц (Kim J., Yu D., Kim H., 2017; Kim J., Yu D., Huh Y. et al., 2017) [247, 248]. Облучение было ежеднев-

ным по 5 часов, SAR 4,0 Вт/кг. Цель состояла в том, чтобы изучить активацию аутофагии в коре головного мозга после длительного облучения ЭМП РЧ малой интенсивности. Результаты показали, что ЭМП РЧ в этих условиях облучения вызывает гиперактивность, аутофагию и демиелинизацию в корковых нейронах у мышей. Наблюдалось усиление аутолизоза в нейрональных клетках. Были обнаружены повреждения миелиновой оболочки. Авторы предполагают, что «аутофагия может выступать как защитный механизм, а демиелинизация, индуцированная в корковых нейронах при продолжительном воздействии ЭМП РЧ, указывает на возможную причину когнитивных расстройств». Nittby Н. (2018) [283] наблюдала у крыс ухудшение памяти после воздействия ЭМП СТ в течение более одного года.

Таким образом, в системе сотовой связи имеются источники непосредственного облучения нервных структур внутреннего уха и мозга. Представлены данные, указывающие на неблагоприятное влияние ЭМП РЧ сотового телефона на функциональную деятельность головного мозга, влияние на его нервные структуры жизненно важных центров. Получены данные о нарушении ГЭБ. Наше мнение, что имеется достаточно результатов, позволяющих принять их в качестве существенного критерия оценки опасности при воздействии ЭМП РЧ 3G и 4G.

Однако влияние ЭМП РЧ на мозг, как на критический орган, при оценке радиационной опасности не учитывается, полностью игнорируется и при нормировании. Не рассматривается головной мозг и как значимый орган, получающий дополнительную функциональную нагрузку, идущую от рецепторов кожи при воздействии ММВ.

Дополнительны результаты исследований когнитивных функций у детей будет рассмотрены в этой книге ниже, в соответствующем разделе.

2.2.2. Щитовидная железа

Сотовые антенны у многих смартфонов расположены в нижней части МТ и реально облучение реализуется в области шеи (Carlberg M. et al., 2016) [163]. Учитывая это, возникает риск облучения щитовидной железы (ЩЖ) и, как следствие, нарушений функции ЩЖ и развитие опухолевого процесса. По нашему мнению, повышенный риск будут иметь дети, учитывая меньшее расстояние между ЩЖ и антенной МТ (рис. 17).

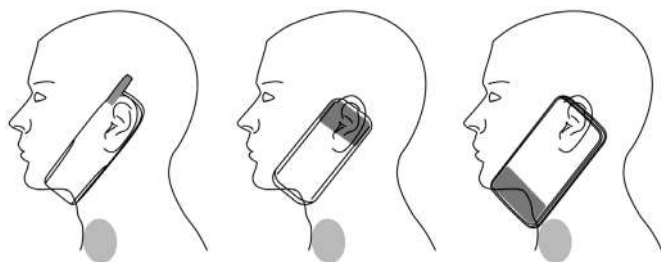


Рис. 17. Расположение антенны смартфонов по отношению к щитовидной железе (Carlberg M. et al., 2016) [163]

Были проведены дозиметрические исследования в области шеи и головы во время использования сотового телефона (Lu M. et al., 2016) [260]. Результаты показали, что поглощенная энергия (SAR) в ЩЖ гораздо больше, чем в области головы. Однако, значения SAR в ЩЖ меньше предельно допустимых уровней ПДУ, установленных в США (1000 мкВт/см^2).

Появились публикации с результатами исследований о нарушениях морфофункционального состояния ЩЖ при воздействии ЭМП модулированного импульсного режима у пользователей МТ. Были выявлены изменения на уровне паренхимы и стромы (Bergamaschi A. et al., 2004; Djeridane Y. et al., 2008; Mortavazi S. et al., 2009) [158, 177, 272]. Воздействие радиочастотных (RF) импульсно-модулированных полей с частотой

900 МГц, SAR 1,35 Вт/кг по 20 мин в сутки на протяжении трех недель вызвало в ЩЖ компенсаторное возрастание высоты фолликулярного эпителия, изменение консистенции коллоида фолликулов, апоптотическую гибель тироцитов. С помощью трансмиссивной электронной микроскопии при выявлении содержания каспазы-9 и каспазы-3 — маркеров апоптотической гибели клеток был подтвержден эффект снижения защиты от гибели тироцитов. Авторы считают, что импульсно-модулированное воздействие ЭМП может вызвать патологические изменения в ЩЖ на фоне возрастания каспаза-зависимых путей апоптоза (Mortavazi S. et al., 2009; Esmekaya M., 2010) [272, 181].

Был проведен аналитический обзор публикаций до декабря 2018 года, посвященный исследованию влияния МТ на структуру щитовидной железы (Asl J.F. et al., 2019) [145]. Исследования гистологических изменений в фолликулах щитовидной железы показали, что объем этих клеток был уменьшен. Авторы считают, что это может негативно повлиять на поглощение йода в щитовидной железе или увеличить влияние температуры на щитовидную железу.

Получен и отрицательный результат с клетками щитовидной железы *in vivo* (Silva V., 2016) [321]. Однако надо отметить, что в опыте были использованы очень малые поглощённые дозы, ниже существующих ПДУ — 0,08 и 0,17 Вт/кг.

Опубликованы данные о дисфункции ЩЖ у студентов, длительно использующих МТ без ограничения (Baby N. et al., 2017) [150]. Выборка составила 83 студента. Клиническое обследование показало, что 13,6% испытуемых имели отек ЩЖ, 3,6% — симптомы дисфункции ЩЖ и 3,6% имели симптомы дисфункции ЩЖ с признаками отека. При этом, 53% опрошенных в среднем ежедневно разговаривали по телефону по 0,5 часа; 28,9% — по 1,5 часа в день и 10,8% опрошенных — по 3,5 часа.

В публикациях отечественных ученых также имеются данные о нарушениях функции ЩЖ при воздействии ЭМП на

крыс, перемещающихся в свободном режиме (Воронцова З.А., 2004) [15]. После пятимесячного воздействия импульсов ЭМП была выявлена активизация гормонообразования по показателям степени йодирования аминокислот в коллоиде фолликул ЩЖ и угнетение процессов их выведения в кровь. Наиболее выраженный эффект угнетения функции ЩЖ был обнаружен после десятимесячного воздействия ЭМП. Наблюдалось фолликулообразование с возрастанием числа пролиферативных сосочков, но плоский тиреоидный эпителий утрачивал функциональность. Выявлена избирательная электромагнитная чувствительность отдельных типов тучных клеток стромы ЩЖ, регулирующих процессы местного гомеостаза и определяющих их участие в модификации биоэффектов на воздействие ЭМП за счёт изменения количества и качества, а также способа высвобождения биологически активных веществ, причем, в зависимости от продолжительности воздействия.

Анализ опубликованных результатов исследований позволяет констатировать, что электромагнитные поля могут привести к высокой доле риска развития гипертиреоза или канцерогенеза, индуцируя изменения на уровне всего организма.

Усиление неблагоприятного влияния на ЩЖ можно ожидать при сложном воздействии ЭМП РЧ, например, при частотной и амплитудной модуляциях (Григорьев Ю.Г., 2003; Черкасова Ю.Б. и др., 2011; Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., 2013) [38, 114, 57], а также при воздействии ММВ 5G стандарта.

2.2.3. Иммунная система

Более чем за 50 лет было выполнено большое число исследований по оценке возможного влияния ЭМП РЧ на иммунную систему. В основном, целью этих исследований являлось получение данных для научной базы при разработке гигиенических стандартов.

Большинство работ было выполнено с 1973 по 1987 гг. коллегами Киевского НИИ общей и коммунальной гигиены им. А.Н. Марзеева под руководством академика РАН М.Г. Шандалы. В итоге, был сформулирован вывод, что ЭМП РЧ низкой интенсивности может оказывать неблагоприятное влияние на иммунитет.

В условиях хронического облучения ЭМП РЧ в течение двух месяцев при ППЭ 500 мкВт/см² были получены значительные неблагоприятные отклонения со стороны функционирования иммунной системы (Шандала М.Г., Виноградов Г.И., 1982; Виноградов Г.И., Думанский Ю.Д., 1974; Виноградов Г.И., Науменко Г.М., 1986) [121, 11, 13]. Эти неблагоприятные проявления касались аутоаллергических эффектов, изменение антигенных свойств тканей и их влияния на плод и потомство, на некоторые показатели клеточного иммунитета в условиях хронического воздействия.

Для воспроизведения этих, ранее полученных результатов по существенному влиянию пролонгированного воздействия ЭМП РЧ на иммунную систему (Шандала М.Г., Виноградов Г.И., 1982; Виноградов Г.И., Думанский Ю.Д., 1974; Виноградов Г.И., Науменко Г.М., 1986) [121, 11, 13], был проведен по нашей инициативе и при поддержке ВОЗ совместный Российско-Французский эксперимент на базе Института Биофизики МЗ / ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. В эксперименте были использованы протоколы из ранее выполненных работ выше упомянутых авторов. Дополнительно были созданы современные условия воздействия ЭМП РЧ, методы дозиметрии, а также была использована современная методика иммуноферментативного анализа — метод Elisa.



*Академик РАН
М.Г. Шандала*

Необходимо было подтвердить или отвергнуть, что ЭМП РЧ нетепловой интенсивности влияет на уровень антител к антигенам различных органов (мозга и печени) в условиях хронического воздействия.

В ранее упомянутых работах были выбраны две модели, которые легли в основу выполненного под руководством профессора Ю.Г. Григорьева Российско-Французского эксперимента.

Протокол №1. Опытную группу крыс пролонгировано облучали ЭМП частотой 2450 МГц в течение 30 дней с ППЭ 500 мкВт/см². На 7 и 14 сутки после облучения животных забивали, брали кровь и готовили сыворотку, одновременно получали антигены из головного мозга и печени. Методом реакции связывания комплемента определяли степень содержания противотканевых комплементфиксирующих антител в сыворотке крови к водным экстрактам ткани мозга и печени.

Протокол №2. Сыворотку крови от облученных крыс, полученную на 14 сутки после окончания облучения ЭМП частотой 2450 МГц в течение 30 дней с ППЭ 500 мкВт/см², вводили внутрибрюшинно интактным крысам на 10 сутки беременности и в последующем наблюдали за течением беременности, развитием плода и потомства, с оценкой плодовитости.

Подготовительная работа этого эксперимента была начата в 2005 году. Были разработаны программа и протокол эксперимента с детальным описанием проведения всех этапов исследования, которые в последующем были согласованы с ВОЗ и одобрены независимым Научным наблюдательным Комитетом, в который вошли ученые-эксперты из США, Италии и Германии. Исследовательской группой совместно с Научным наблюдательным Комитетом были согласованы условия воздействия ЭМП РЧ, которые в последующем были реализованы, что было подтверждено дозиметрическими исследованиями непосредственно на стенде облучения с участием французских специалистов. Созданные условия электромагнитного воздействия

гарантировали равномерное поле облучения всех групп опытных животных в равных поглощенных дозах. Были подобраны коллективы специалистов по профилю запланированных исследований.

К работе с животными во время карантинного периода (14 суток) и всего периода облучения животных (30 суток) руководством эксперимента была привлечена «нейтральная» (не заинтересованная в результатах) радиобиологическая лаборатория Института биофизики (зав. профессор Н.Г. Даренская). Сотрудники этой лаборатории ИБФ не были ознакомлены с задачами эксперимента, что обеспечивало осуществление слепого метода при последующей работе с экспериментальным зашифрованным материалом уже другими исполнителями.

Проведение всего цикла эксперимента, включая обработку полученного материала, анализ результатов и формирование соответствующего заключения, проводили при активном участии Международного Научного наблюдательного Комитета, а также при активном участии бывшего руководителя Международной программы ВОЗ «ЭМП и здоровье» М. Repacholi.

Выполнение эксперимента в полном объеме по протоколу ВОЗ и в рамках международной программы потребовало от научного коллектива, которым руководил профессор Ю.Г. Григорьев, три года работы (2005-2007 гг.). Отчет по результатам эксперимента и общее заключение были одобрены ВОЗ и Международным научным наблюдательным Комитетом. Основные результаты этого эксперимента были опубликованы в 5 сообщениях в журнале «Радиационная биология. Радиоэкология» (2010) [59, 60, 71, 61, 83], а также за рубежом (Grigoriev Y., Grigoriev O., Ivanov A. et al., 2010, Grigoriev Y. 2011) [212, 206].

Эксперимент по исследованию иммунологического статуса при пролонгированном действии ЭМП РЧ был проведен на 48 крысах-самцах линии Вистар. Тератологические исследования были выполнены на 120 крысах (90 самок и 30 самцов).

Длительность облучения крыс ЭМП РЧ с ППЭ 500 мкВт/см^2 составляла 30 суток по 7 часов в день. Крысы после каждого облучения и ложного воздействия относили в виварий, где они находились в отдельной специальной комнате при температуре воздуха $21\text{--}23^\circ\text{C}$, относительной влажности воздуха $40\text{--}60\%$, при искусственном освещении 12 часов в сутки и скорости воздухообмена $100 \text{ м}^3/\text{час}$.

Осуществлялось общее (тотальное) воздействие эллиптически поляризованного ЭМП РЧ частотой 2450 МГц (непрерывная генерация), ППЭ составляла 500 мкВт/см^2 .

В этом эксперименте истинное и «ложное» воздействие ЭМП РЧ осуществлялись в 2 экранированных безэховых камерах. Для размещения экспериментальных животных использовали специально изготовленные клетки в виде кольца (рис. 18). В «кольце» размещались 16 экспериментальных животных по одной крысе в каждой клетке. Крысы не фиксировались. Клет-

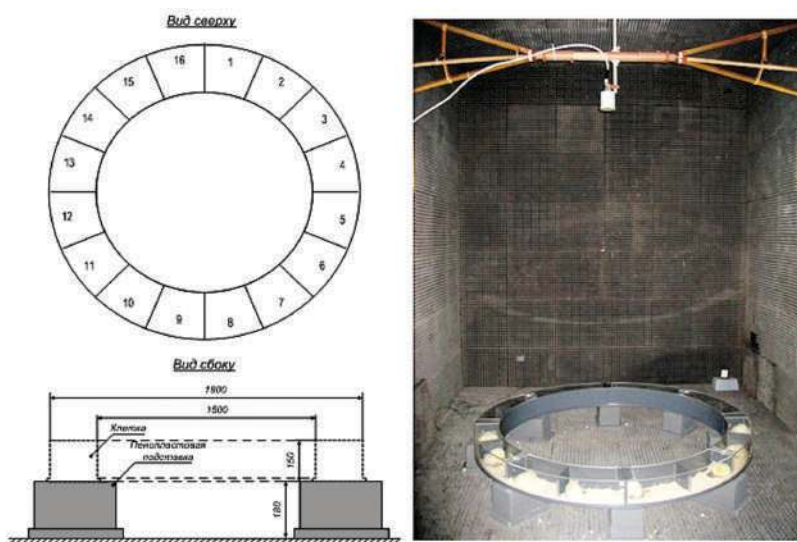


Рис. 18. Общий вид экспериментальной установки при облучении крыс в безэховой камере

ки были снабжены прозрачными крышками. Размеры всех 16 камер были одинаковы и были равны 0,32 м х 0,15 м.

Источником ЭМП РЧ являлся аппарат для диатермии «ЛУЧ-11». Генератор создавал непрерывные электромагнитные колебания частотой 2450 ± 50 МГц. Измерения средних значений ППЭ были выполнены с помощью аппарата Narda EMR-20 (ФРГ), подключенного к ПК. Зафиксированные значения ППЭ варьировали от 429 до 593 мкВт/см² при усредненном значении 495 мкВт/см².

Расчеты интенсивности ЭМП РЧ были выполнены официальным экспертом проекта по дозиметрии Levek F. (лаборатория XLIM, г. Лимож, Франция). Величины SAR измерялись с использованием метода конечных разностей во временной области (FDTD — finite-difference time-domain). Цифровая модель крысы была разработана в исследовательской лаборатории базы “Брукс” ВВС США (Сан Антонио, США), состояла из 36 различных типов биологических тканей с разрешением 0,75 мм. Усредненное по всему телу значение SAR составило $0,16 \pm 0,04$ Вт/кг при ППЭ падающего поля, равной 500 мкВт/см². Усредненное по тканям мозга значение SAR приближалось к 0,16 Вт/кг. Максимальное значение SAR в тканях головного мозга равнялось 1,0 Вт/кг. Изменения средних значений SAR не превышали 5% для разных положений крыс в клетках.

На 7-й и 14-й день воздействия ЭМП РЧ ткани крыс были препарированы для последующего использования в иммунологических и тератологических тестах.

Влияние ЭМП РЧ нетепловой интенсивности на уровень комплементфиксирующих противотканевых антител

Этот раздел исследования был выполнен на 48 крысах. Всего было 3 группы по 16 крыс в каждой: 1-я группа — биоконтроль, 2-я группа — «ложное» облучение; 3-я группа — облученные ЭМП РЧ нетепловой интенсивности. Изучали обра-

зование антител к тканям мозга и печени в реакции связывания комплемента.

На 7-е сутки облучения содержание антител к обоим использованным антигенам незначительно отличалось от показателей группы биоконтроля. На 14-е сутки после окончания облучения возрастало содержание антител к ткани мозга (lg титра $1,19 \pm 0,07$). Эффект был статистически значим по сравнению с группой «ложно» облученных животных (lg титра $0,89 \pm 0,05$) и с группой биоконтроля (lg титра $0,69 \pm 0,08$). Уровень противотканевых антител к ткани печени на 14-е сутки после окончания воздействия ЭМП РЧ нетепловой интенсивности повышался незначительно.

Полученные данные подтвердили результаты предыдущих исследований о стимулирующем влиянии ЭМП РЧ малой интенсивности на выработку противотканевых антител. Однако в этом опыте электромагнитное воздействие привело к менее выраженному увеличению титров антител, чем в опытах упомянутых выше авторов.

Были проведены дополнительные исследования с использованием современного метода иммуноферментативного анализа ELISA. Оценивали уровни антител на различные антигены. Изучалась также возможность возникновения **внутриклеточных** стресс-реакций, связанных с образованием сигнальных молекул активных форм кислорода (АФК) и оксид азота (NO^*) **в ответ на пролонгированное воздействие ЭМП РЧ** низкой интенсивности *in vivo*.

Пролонгированное воздействие (ППЭ 500 мкВт/см^2 , облучение в течение 7 часов на протяжении 30 дней) оказывало влияние на формирование внутриклеточных стресс-реакций, облученный организм реагировал выработкой антител на образование продуктов внутриклеточных реакций, связанных с образованием активных форм кислорода и оксида азота. Максимум эффекта наблюдается через 7 дней воздействия ЭМП РЧ.

Выраженность эффекта снижалась на 14 дней после электромагнитного облучения. Антитела к изученным соединениям определялись, в основном, среди IgM, значительно реже среди IgG, и их не было среди антител IgA, для которых во всех случаях оптическая плотность проб была менее 0,1 OD.

Влияние сыворотки крыс, облученных ЭМП РЧ, на течение беременности, развитие плода и потомства

В 1982 г. была опубликована работа по оценке аутоаллергических эффектов воздействия электромагнитной энергии СВЧ-диапазона на плод и потомство (Шандала М.Г., Виноградов Г.И., 1982) [121]. Было показано, что сыворотка крови СВЧ-облученных крыс (после воздействия ЭМП в течение 10 суток по 7 часов в сутки, ППЭ 500 мкВт/см²) после введения интактным беременным крысам негативно влияет на развитие беременности, плода и потомства.

Целью настоящего исследования явилось воспроизведение этих результатов в более строгих режимах облучения и, тем самым, подтверждение возможного повреждающего действия сыворотки от длительно облученных ЭМП РЧ крыс в течение одного месяца (ППЭ 500 мкВт/см² по 7 часов в сутки) на плодовитость, течение беременности, развитие плода и потомства.

Исследование выполнено с 20 октября 2006 г. по 10 февраля 2007 г. на 59 беременных крысах линии Вистар. Беременные крысы были поделены на три группы (табл. 3). Первой группе крыс (21 самка) на 10 день беременности вводили внутривентально однократно 1 мл сыворотки крови от облученных ЭМП крыс (далее по тексту «группа с облученной сывороткой»). Второй группе крыс (21 самка) на 10 день беременности вводили внутривентально однократно 1 мл сыворотки от необлученных животных — группа с «ложным воздействием». 17 беременных самок составили группу биологического контроля.

Таблица 3.

Распределение крыс по группам и сроки наблюдения

Группа	Характеристика группы	Число беременных самок	Сроки введения сыворотки, день	Распределение крыс по срокам наблюдения		
				Забой на 15 день беременности	забой на 20 день беременности	оставлены на окот для получения потомства
1	Введена сыворотка от облученных ЭМП крыс	21	10	5	4	12
2	Введена сыворотка от необлученных ЭМП крыс (ложное воздействие)	21	10	6	4	11
3	Биологический контроль	17	–	6	–	11
Всего		59	20	17	8	34

Из каждой группы по 5-6 беременных самок были забиты на 15 день беременности (для оценки эмбриональной гибели и особенностей развития плода), по 4 самки были забиты на 20 день беременности для оценки общей внутриутробной гибели и по 11-12 беременных самок были оставлены до окота с целью

последующего наблюдения за особенностями развития и выживаемости потомства.

Состояние потомства исследовали от периода новорожденности до 30-х суток жизни по ряду общепринятых интегральных и специфических показателей. Массу плода и гибель оценивали в динамике в следующие сроки: новорожденные, 7-е, 14-е, 21-е и 30 сутки. Регистрировали появление шерстного покрова, отлипание ушной раковины, открытие глаз, прорезывание резцов, сроки начала самостоятельного прикорма. Всего под наблюдением было 133 новорожденных потомка.

Побочная реакция крыс на введение сыворотки была минимальной. Реакция после введения сыворотки наблюдалась через 1 час только у одной крысы из группы крыс с ложным воздействием (4,8%) и у 3-х крыс (14,3%) из группы с облученной сывороткой. Реакция продолжалась до 1 часа.

Гибели среди беременных подопытных и контрольных самок в течение всего эксперимента не было.

Характеристика периода эмбрионального развития

Плодовитость крыс и масса новорожденных. Плодовитость самок, рассчитанная из числа живых плодов на 20 день беременности и числа живых новорожденных, в группе с ложным воздействием не отличалась от плодовитости контрольных животных ($8,1 \pm 0,7$ и $8,2 \pm 1,1$ соответственно). В группе крыс, получивших облученную сыворотку, этот показатель составил $3,2 \pm 1,1$ и был статистически достоверно ниже с вероятностью 99% ($p < 0,01$), чем у самок контрольной группы и группы с ложным воздействием (табл. 4). Различий в массе тела у новорожденных во всех трех группах самок не было.

Гибель потомства крыс от рождения до 30 суток жизни достоверно не отличалась от гибели потомков в группе с ложным воздействием и в контрольной группе ($35,5 \pm 8,6\%$, $42,7 \pm 5,2\%$; и $38,9 \pm 5,1$ соответственно).

Таблица 4.

Плодовитость крыс разных групп наблюдения

Группа	Всего беременных самок				Окоты			Общее количество новорожденных и живых плодов на 20 день беременности	Плодовитость	
	Всего	С живыми плодами	Всего живых плодов	Оставлены на окот	Дали окот		Число плодных самок		Число плодов на одну самку $M \pm m$	
					абс.	%				
С облученной сывороткой	16	4	3	30	12	4	33,3*	61	43,8	3,2±1,1*
Ложное воздействие	15	4	3	33	11	9	90,0	122	80	8,1±0,7
Контроль	11	—	—	—	11	11	100	90	100	8,2±1,1

Примечание:

* — достоверность различий группы с облученной сывороткой по отношению к контролю и с группой ложного облучения составила 99% ($p < 0,01$)

Сравнение суммарной гибели потомства в период внутриутробной и постнатальной жизни показывает более высокую гибель потомства в группе с облученной сывороткой с очень высокой вероятностью 99,9% ($p < 0,001$) по сравнению с группой с ложным воздействием и с контрольной группой (табл. 5).

Таблица 5.

**Суммарная гибель потомства в период
внутриутробной и постнатальной жизни, %**

Сроки гибели	Группы наблюдения		
	Контроль M±m	С ложным воздействием M±m	С облученной сывороткой M±m
Суммарная внутриутробная гибель, %	4,3±2,9	11,7±3,3	55,6±4,0*
Суммарная постнатальная гибель, %	38,9±5,1	42,7±5,2	35,5±8,6
Всего, %	43,2±4,3	54,4±4,1	91,1±2,3*

Примечание:

* — при сравнении гибели эмбрионов и суммарной гибели эмбрионов и потомков различия статистически достоверны с вероятностью 99,9 % ($P \leq 0,001$), как по сравнению с контролем, так и по сравнению с группой ложного воздействия.

Динамика массы тела потомков. Масса тела потомков в группе самок с облученной сывороткой оказалась достоверно ниже массы тела потомков контрольной группы и группы самок с ложным воздействием. Отставание прироста массы тела у потомков самок с облученной сывороткой, по сравнению с потомками контрольной группы и группы с ложным облучением, наблюдалось с 14 дня и увеличивалось с возрастом (в период с 21 по 30 сутки достоверность различий увеличилась и составила 99,9% ($p < 0,001$)). Максимальное отставание прироста отмечено в период перехода на самостоятельное кормление (табл. 6).

Таблица 6.

Динамика массы тела потомков крыс до 30 дня жизни

Сроки наблюдения, дни	Группа					
	контроль		Ложное воздействием		С облученной сывороткой	
	количество потомков	масса тела, г M±m	количество потомков	масса тела, г M±m	количество потомков	масса тела, г M±m
Новорожденные	90	5,7±0,5	89	5,5±0,5	31	5,5±0,9
7	87	12,9±0,6	69	13,5±0,4	30	11,9±0,5
14	86	21,3±0,7	69	22,1±0,9	30	19,0±0,4*
21	68	33,6±0,9	65	29,6±0,7*	26	20,4±1,2**
28	57	53,3±1,2	51	58,6±1,6*	20	36,7±2,3**
30	55	63,1±2,2	51	66,5±1,8	20	47,5±3,4**
Коэффициент прироста массы тела к 30 дню		11,1±0,6		12,1±0,7		8,6±0,6*

Примечание:

* — различия статистически достоверны $P \leq 0,05$;

** — различия достоверны по сравнению с контролем и ложным воздействием с вероятностью 99,9% ($P < 0,001$)

Данные о становлении некоторых других показателей развития потомков были не достоверны.

Суммируя результаты исследования влияния ЭМП РЧ малой интенсивности на т.н. тератогенные эффекты, можно заключить, что однократное внутрибрюшинное введение крысам на 10 день беременности сыворотки от облученных

ЭМП РЧ животных (30 дней воздействия, по 7 часов в сутки с ППЭ 500 мкВт/см²) оказало негативное влияние на эмбриональное развитие плода и потомства. В группе самок с облученной сывороткой, по сравнению с группой самок с ложным воздействием и контрольной группой, наблюдали более высокую эмбриональную гибель, снижение плодовитости, а также отставание потомства в физическом развитии.

Полученные результаты дают право сделать вывод о воспроизведении ранее полученных результатов (Шандала М.Г., Виноградов Г.И., 1982) [121], о возможном неблагоприятном влиянии сыворотки крыс, пролонгированно облученных ЭМП РЧ (30-дневное воздействие ЭМП РЧ по 7 часов в сутки с ППЭ 500 мкВт/см²), на течение беременности, развитие плода и потомства.

Мы получили результаты, подтверждающие правомерность использования ранее полученных данных для обоснования стандартов ЭМП РЧ в СССР, которые без изменения действуют до сих пор в России с 1984 года. Таким образом, имеются основания рассматривать иммунную систему как критическую систему при пожизненном облучении организма ЭМП РЧ малой интенсивности.

Рассмотренные ранее результаты в главе 1 по влиянию ММВ на иммунитет позволяют распространить нашу точку зрения об иммунной системе, как критической системы, и на оценку опасности при использовании 5G-технологии.

2.2.4. Репродуктивная система

Ряд авторитетных клиник бесплодия в Австралии, Индии, США и Иране сообщают, что те, кто регулярно пользуется мобильными телефонами, имеют тенденцию к снижению количества и качества спермы.

В течение более двух десятилетий обсуждается проблема влияния ЭМП РЧ сотовой связи на репродуктивную функцию у мужчин.

Анализ литературных данных показал, что проведено большое число исследований на добровольцах и в эксперименте на животных. В монографии Верещако Г.Г. (2015) [8] дан подробный анализ результатов более пятнадцати публикаций, выполненных в 1980 годах и ранее в основном зарубежными исследователями на испыталелях — добровольцах. Однако до сих пор нет единой точки зрения о влиянии ЭМП сотовой связи на репродуктивную систему мужчин. Аналогичная ситуация сложилось и по результатам экспериментальных работ.

Также было проведено реферирование обзоров за последние 5 лет по изменению фертильности мужчин при воздействии ЭМП.

Структурный и физиологический анализ яичек показал развитие дегенеративных изменения, снижение уровня тестостерона, увеличение количества апоптотических клеток и повреждение ДНК. Однако эти эффекты были в основном связаны с повышением температуры яичек.

В обзоре Kesari K. et al. (2018) [245], посвященному оценке влияния ЭМП сотовых телефонов, ноутбуков и Wi-Fi, авторы сформулировали вывод, что ЭМП РЧ «оказывают вредное влияние на параметры спермы (количество сперматозоидов, морфология, подвижность), влияют на роль киназ в клеточном метаболизме и эндокринной системе и вызывают генотоксичность, геномную нестабильность и окислительный стресс, что может привести к бесплодию».

В обзоре Altun G. et al. (2018) [139] делается вывод, что длительное воздействие ЭМП СС снижает подвижность сперматозоидов и оплодотворение. Окислительный стресс подавляет антиоксидантные механизмы в половых клетках.

Houston B. et al. (2016) [227] систематизировали 27 публикаций, посвященных изучению влияния ЭМП РЧ на репродуктивную систему мужчин. Негативные последствия воздействия были зарегистрированы в 21 исследовании. В рамках этих 21 исследований: 11 из 15, которые исследовали подвижность сперматозоидов, сообщали о значительном их снижении; 7 из 7, которые измеряли производство активных форм кислорода, подтвердило наличие повышенных уровней; 4 из 5 исследований, в которых изучалось повреждение ДНК, выявили увеличение ущерба сперматозоидам. В большинстве исследований это повреждение характеризовалось потерей подвижности и жизнеспособности сперматозоидов, а также индукцией образования АФК и повреждением ДНК.

Проведенные исследования на людях (Adams J. et al., 2014) [127] показали, что длительное использование мобильного телефона приводит к снижению подвижности, концентрации сперматозоидов, морфологическим изменениям, а также их жизнеспособности, что предполагает вероятное влияние на фертильность. Изучали показатели качества спермы, наиболее часто используемые для оценки фертильности в клинических условиях: подвижность (способность правильно перемещаться по женскому репродуктивному тракту), жизнеспособность (способность оплодотворять яйцеклетку) и концентрация (количество сперматозоидов в миллилитр эякулята). Было исследовано 1492 образца спермы человека. Установлено, что воздействие мобильных телефонов связано со значительным снижением подвижности сперматозоидов в среднем на восемь процентов и значительным снижением жизнеспособности сперматозоидов в среднем на девять процентов. Влияние на концентрацию сперматозоидов было более сомнительным.

Строго по радиобиологическим канонам было выполнено исследование Avendaño C. et al. (2012) [148]. Авторы оценили влияние беспроводного подключения портативных компьюте-

ров к локальным сетям Wi-Fi на подвижность сперматозоидов, их жизнеспособность и получили данные о фрагментации ДНК. Двадцать девять образцов спермы были собраны мастурбацией у здоровых доноров после 2-5 дней сексуального воздержания. В течение всего периода воздействия расстояние между компьютером и каждым образцом было постоянным и равнялось 3 см. Это расстояние, примерно, соответствовало расстоянию между компьютерами, лежащими на коленях, и яичками. Длительность облучения составила 4 часа. Регистрировали ЭМП РЧ и ММВ от 0,5 МГц до 3 ГГц. Является важным, что в этом исследовании ППЭ была равна 0,001-2000 мкВт/см². Исследования показали значительное снижение подвижности сперматозоидов и увеличение фрагментации ДНК. Различий в выживаемости сперматозоидов в опыте и в контроле не было. Авторы полагают, что расположение ноутбука на коленях возле семенников может привести к снижению мужской фертильности.

Šimaiová V. et al. (2019) [322] поставили цель оценить влияние тотального воздействия ЭМП 2,45 ГГц на структуру и ультраструктуру яичка у юных крыс Wistar (средняя ППЭ 2,8 мВт/см²). Возраст крыс 5 и 6 недель. Обе группы крыс непрерывно облучали ЭМИ РЧ в течение 3 недель (2 часа в сутки) после постнатальных дней 14 и 21 соответственно. Воздействие ЭМП в приведенных выше условиях ЭМИ вызывала неправильную форму семенных канальцев с десквамированными незрелыми зародышевыми клетками в просвете, большим количеством пустых пространств вдоль семенного эпителия и расширенными и перегруженными кровеносными сосудами в интерстициальной ткани яичка. Цитоплазма клеток Sertoli проявляла сильную вакуолизацию и поврежденные органеллы с цитоплазмой, заполненной различными гетерофагальными и липидными вакуолями или цитоплазмой сперматоцитов с набухшими митохондриями в обеих облученных группах. Значительное увеличение общей трубчатой области семенных канальцев наблюдалось в обеих группах ЭМИ по сравнению с контролем

($P < 0,001$). Значительное увеличение TUNEL-положительных апоптотических ядер ($P < 0,01$) сопровождалось значительным увеличением как положительных клеток Cu-Zn-SOD ($P < 0,01$), так и Mn-SOD ($P < 0,001$) в 6-недельном эксперименте на крысах по сравнению с контрольными животными. Авторы делают вывод, что полученные результаты позволяют считать, что воздействие ЭМП РЧ в данных условиях опыта оказывают вредное воздействие на структуру и ультраструктуру детского крысиного семенника.

Заслуживает внимание работа, в которой было использовано более длительное воздействие ЭМП (Oh J. et al., 2018) [287]. Цель работы: изучить влияние длительного тотального воздействия электромагнитного поля МТ на сперматогенез крыс. Авторы предусматривали получить дозовую зависимость. Двадцать взрослых крыс разделили на 4 группы в соответствии с интенсивностью и длительностью воздействия. Группа 1 (ложное облучение), группа 2 (расстояние 3 см + 6 часов экспозиции в день), группа 3 (расстояние 10 см + 18 ч выдержки в сутки), и группа 4 (расстояние 3 см + 18 ч экспозиции в день). Длительность облучения для всех трех групп — один месяц. Сразу после воздействия было проведено сравнение параметров спермы и результаты гистопатологических данных яичка. Среднее количество сперматидов ($\times 106/\text{мл}$) составило 398,6 в группе 1; 365,40 в группе 2; 354,60 в группе 3 и 298,60 в группе 4 ($\rho = 0,041$). Во втором этапе исследований среднее количество сперматогоний в опытной группе 4 было 43,00, что значительно ниже по сравнению с контрольной группой 1 (57,00) и группой 2 (53,40). Различия статистической достоверности по сравнению с контрольной группой были $p < 0,001$ и $\rho = 0,010$ соответственно. Среднее количество клеток Лейдига было также значительно меньше в опытной группе 4. Отмечено уменьшение количества зародышевых клеток в той же опытной группе 4 по сравнению с группами 1, 2 и 3 ($p < 0,001$). Полученные резуль-

таты позволили авторам сделать достаточно важный вывод, что уменьшение сперматогенеза зависит, прежде всего, от длительности воздействия ЭМП.

Исследовали влияние модемов 3G + Wi-Fi на качество спермы человека. С марта по сентябрь 2015 года было собрано 40 образцов спермы от здоровых взрослых мужчин. Образцы спермы были разделены на две группы — группы с открытым доступом и контрольная экранированная от 3G + Wi-Fi. В этой группе образцы экранировали алюминиевой фольгой в трех слоях и помещали в инкубатор при температуре 37°C в течение 50 минут. Выделенная группа была помещена в другую комнату в инкубаторе при температуре 37°C в течение 50 минут. Модем 3G + Wi-Fi был помещен в один и тот же инкубатор, но в контрольной группе он не был включен (sham-контроль). В опытной группе портативный компьютер был подключен к модему и работал с полной нагрузкой в течение 50 минут. Анализ для каждого образца проводился в сравнении между параметрами двух групп и выполнялся с использованием статистических программ Колмогоров-Смирнов и парный T-тест. Средний процент сперматозоидов с подвижностью класса А и В существенно не различался в двух группах ($p=0,22$ и $0,54$ соответственно). В классе С он был значительно ниже в группе облучения ($p=0,046$), а в классе D — значительно выше ($p=0,022$). Скоростная кривизна, скоростная прямая, средний путь скорости, среднее угловое смещение, поперечное смещение и поперечная частота биений были значительно выше в неэкспонированной группе. Ограничением был дизайн *in vitro*.

Приведенная работа показала, что ЭМП, излучаемые модемами 3G + Wi-Fi, вызывают значительное снижение подвижности и скорости сперматозоидов, особенно в прогрессирующих подвижных спермах. Другие параметры анализа спермы не претерпели существенных изменений. Авторы считают, что ЭМП сотовых коммуникаций могут являться причиной мужско-

го бесплодия и влиять на фертильность. Исследование показало значительное снижение качества спермы человека после воздействия ЭМП 3G + Wi-Fi-модемов.

За последние 6 лет за рубежом было опубликовано еще более 20 статей по результатам экспериментов на лабораторных животных и исследований на людях по влиянию ЭМП СС на сперматогенез. Авторы всех этих работ так же подтвердили вывод, что имеется неблагоприятное влияние этого вида излучения на сперматогенез (Liu K. et al., 2014; Adams J. et al., 2014; Agarwal A. et al., 2008, 2009, 2011; Akdag M. et al., 2016; Al-Bayyari N. et al., 2017; Al-Quzwini O. et al., 2016; Çetkin M. et al., 2017; Fatehi D. et al., 2018; Houston B. et al., 2016, 2018; Kamali K. et al., 2017; Nakatani-Enomoto S. et al., 2016; Narayanan S. et al., 2018; Oyewopo A. et al., 2017; Pandey N. et al., 2017; Radwan M. et al., 2016; Saygin M. et al., 2016; Seperimanesh M. et al., 2017; Sokolovic D. et al., 2015; Solek P. et al., 2017; Wang D. et al., 2015; Zang Z. et al., 2016) [259, 127, 130-132, 134, 135, 138, 164, 183, 226, 227, 241, 275, 277, 290, 293, 300, 314, 315, 316, 325, 326, 333, 337].

Мы хотим обратить внимание на исследования, проведенные в рамках Государственных программ научных исследований в Гомельском Институте радиобиологии БАН Белоруссии в 2011-2020 гг.

В течение последних трех лет был проведен цикл исследований на белых крысах (общее количество животных — 2000) с целью комплексной оценки морфофункциональных изменений в репродуктивной системе (РС) в условиях воздействия низкоинтенсивного электромагнитного излучения от мобильного телефона (897 МГц, 1745 МГц, ППЭ 0,2-20 мкВт/см² и различная продолжительность воздействия) на этапах антенатального и постнатального развития (Верещако Г.Г., Чуешова Н.В. и др., 2014; Верещако Г.Г., Чуешова Н.В., 2017; Григорьев Ю.Г., Чуешова Н.В., Верещако Г.Г., 2018; Чуешова Н.В., Висмонт Ф.И., 2019; Чуешева Н.В., Новиков Р.И., Козлов А.Е. и др., 2019)



Н.В. Чушева — ведущий научный сотрудник Гомельского Института радиобиологии БАН

[10, 9, 66, 117, 118]. Исследования Чушевой Н.В. вошли в топ 10-ти результатов ученых НАН Белоруссии за 2019 год.

Принимая во внимание тот факт, что репродуктивная система претерпевает значительные изменения с момента рождения животного и до состояния его половой зрелости, в первой серии экспериментов животных, начиная с 50-52 дневного возраста и до достижения ими возраста 140-142 дней, крыс подвергали воздействию ЭМИ от МТ на частотах 897 и 1745 МГц. Комплексный анализ состояния РС самцов крыс проводили на 1, 7, 30, 60 и 90 сутки.

Вторая серия экспериментов была посвящена изучению хронического влияния ЭМИ от МТ на рождаемость и морфофункциональное состояние РС крыс-самцов в поколении F_1 в трех поколениях (F_1 - F_3).

Третьим этапом исследований явилось изучение последствий воздействия ЭМИ от МТ (1745 МГц) на морфофункциональное состояние РС потомства крыс-самцов в возрасте 2 и 4 месяца, рожденных от родителей, один из которых или оба были подвергнуты воздействию исследуемого фактора на протяжении трех месяцев их постнатального развития, начиная с возраста 50-52 дня.

В сыворотке крови определяли содержание тестостерона и кортикостерона. В ткани гипоталамуса проводили анализ нейромедиаторов. В клеточной суспензии, полученной из тестикулярной ткани, проводили количественный анализ различных типов сперматогенных клеток методом проточной цитометрии. Осуществлялся подсчет количества эпидидимальных сперматозоидов и их жизнеспособности, а также число апоптотических форм.

Результаты показали, что характер выявленных морфофункциональных изменений в репродуктивной системе крыс-самцов, подвергнутых воздействию низкоинтенсивного ЭМИ от МТ в значительной мере, зависит от длительности экспозиции и возраста животных. Так, воздействие ЭМИ от МТ на организм крыс-самцов в период их полового созревания приводит к наиболее значительным изменениям в развивающейся репродуктивной системе. Увеличивается масса эпидидимисов и семенных пузырьков. Развиваются изменения в процессе сперматогенеза, которые проявляются угнетением пролиферативной активности (снижение количества сперматогоний) и активацией дифференцировки клеток сперматогенного эпителия — сперматид, сопровождаемое значительным увеличением количества эпидидимальных сперматозоидов (раннее половое созревание), при снижении их жизнеспособности на фоне снижения концентрации тестостерона в сыворотке крови.

Установлено нарушение процессов синтеза стероидных гормонов, а также некоторых нейромедиаторов, которое можно объяснить чувствительностью рецепторов гипоталамо-гипофизарно-тестикулярной оси при длительном воздействии низкоинтенсивного ЭМИ от МТ.

Хроническое воздействие ЭМИ от МТ (ежедневно, 8 час/день) на организм крыс-самцов и самок в период их постнатального и антенатального периода, на протяжении трех поколений, приводит к падению рождаемости животных и изменению соотношения полов в сторону увеличения доли самцов. У крыс-самцов полученного потомства F_{1-3} в возрасте 2, 4 и 6 месяцев выявлены изменения в состоянии репродуктивной системы, наиболее значительные в возрасте 2 месяцев.

Получены уникальные данные, которые характеризуют ЭМИ РЧ как фактор, способный вызывать отдаленные (трансгенерационные) изменения в морфофункциональном состоянии РС поколения крыс-самцов, рожденных от родителей,

подвергавшихся воздействию ЭМП РЧ на протяжении их постнатального развития. Данные изменения проявляются в нарушении нормального функционирования сперматогенного эпителия, а именно имело место интенсификация начального этапа сперматогенеза при значительном его угнетении на стадии трансформации сперматид. Установлено снижение количества зрелых половых клеток — сперматозоидов и выраженное ухудшение их жизнеспособности, а также усиление секреции тестостерона.

Комплекс выявленных нарушений в морфофункциональном состоянии РС крыс-самцов свидетельствует об угнетении ее функции в условиях воздействия низкоинтенсивного ЭМИ от МТ, что может реально влиять на снижение мужской фертильности. Отмеченные нарушения зависели от длительности экспозиции и возраста животных.

Таким образом, на основании уже имеющихся результатов, мы можем заключить, что репродуктивные органы могут быть отнесены к критическим. Различное расположение гаджетов по отношению к репродуктивным органам существенно влияет на величину поглощенной дозы и, соответственно, на выраженность патологии репродуктивной системы.

2.2.5. Отдаленные последствия. Опухоли мозга и щитовидной железы

Отечественная радиобиологическая школа традиционно отдает предпочтение при оценке риска при воздействии на население физических факторов среды отдаленным последствиям. По нашему мнению, пока единственным убедительным и объективным критерием для оценки неблагоприятного действия ЭМП РЧ на население является факт развития опухолей мозга и щитовидной железы у пользователей МТ.

Опухоли мозга. Международное агентство исследования рака (IARC) при Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в мае 2011 года на основе рассмотренных результатов экспериментальных и эпидемиологических исследований сделало официальное сообщение для печати, в котором *классифицировало радиочастотные электромагнитные поля как возможно канцерогенный фактор для населения (Группа 2В), что связано с использованием мобильного телефона.* Это решение было основано на увеличенном риске развития рака мозга — глиомы, рака высокой злокачественности. IARC особо отметило, что данное решение имеет большое значение для здравоохранения, особенно для пользователей МТ, поскольку число пользователей имеет тенденцию к постоянному росту, особенно среди молодежи и детей. В пресс-релизе указано, что подробное исследование полученных материалов до 2004 г. показало, что на 40% может увеличиться риск развития опухоли мозга (глиомы) при «тяжелом» использовании МТ: в среднем по 30 мин в день на протяжении свыше 10 лет. Следует отметить, что в принятии этого решения участвовали 31 ученый из 14 стран. В течение последующего месяца было дополнительно опубликовано обоснование решения IARC (IARC, 2011) [228].

Между тем, на заседаниях Консультативного Комитета ВОЗ по Международной Программе «ЭМП и здоровье населения» в 2011 и 2012 годах большинством членов Комитета активно формировалось мнение, что не имеется достаточных данных у IARC для этого решения. Тем не менее, группа шведских ученых во главе с Hardell L. (2013, 2015) [220, 218] провела комплекс эпидемиологических исследований в течение более чем 15 лет по развитию опухолей мозга у пользователей МТ. Авторы выявили увеличение риска развития опухолей мозга у пользователей МТ с «периодом ожидания» 10 лет. Были отмечены увеличенные риски развития астроцитомы и акустической невромы на ипсилатеральной стороне мозга. Риск развития моз-



Hardell L. Шведский ученый — онколог, профессор. Он известен своими исследованиями в оценке онкологической опасности воздействия ЭМП

говых опухолей увеличивался до 5 раз у людей, которые начали использовать МТ в детском возрасте, а именно 8-10 лет. Развитие опухоли зависело от продолжительности использования МТ.

Проведенные исследования шведских ученых подтвердили увеличенный риск для мозговых опухолей при использовании мобильных и бесшнуровых телефонов.

В начале 2016 г. было опубликовано сообщение о статистических данных, полученных в США на основе материалов Национального Института Онкологии (NCI), Национальной Программы регистрации рака (NPCR) и Эпидемиологической программы наблюдения (SER) за период 2008-2012 гг. Заключение было сделано относительно увеличения риска развития опухолей мозга у населения США различных возрастных групп в течение периода 2000-2012 гг. Авторы этих материалов полагают, что увеличение частоты мозговых опухолей было значимо и связано с использованием населением мобильной связи (CBTRUS.Statistical Report, 2015) [289]. В 2018 году опубликованы уже данные ученых Великобритании в регистре UK National of National Statistics (ONS) о повышении темпа роста злокачественного рака головного мозга у населения Великобритании с 1995 по 2014 годы, особенно в лобных и височных долях (Trends in Brain Tumor, 2019) [330]. Исследование выявило «устойчивое и статистически достоверно значимое» увеличение частоты мультиформной глиобластомы (GBM) для всех возрастов. Уровень развития GBM удвоился с 2,4 до 5,0 на 100 000 человек. В 1995 году количество злокачественных опухолей лобных или височных долей

головного мозга составляло 41%, а к 2015 году было установлено 60% опухолей GBM. По итогам этого регистра сделан вывод: «Наиболее убедительным объяснением роста заболеваемости этими смертельными опухолями головного мозга, особенно в лобных и височных долях, могут быть длительные воздействия микроволнового излучения мобильных телефонов».

В обобщающем обзоре эпидемиологических исследований использования сотовых телефонов и риска возникновения опухолей показано, что использование сотовых телефонов с общим временем разговора более 1000 часов значительно увеличивает риск опухолей (Yoon-Jung Choi et al., 2020) [167]. «В целом, обновленный комплексный метаанализ исследований «случай-контроль» обнаружил существенные доказательства связи использования сотового телефона с повышенным риском опухолей, особенно среди пользователей сотовых телефонов при суммарном использовании сотового телефона 1000 или более часов в своей жизни (что соответствует примерно 17 мин в день в течение 10 лет), и особенно среди исследований, в которых использовались высококачественные методы».

Тем не менее, несмотря на опубликованные результаты лонгитюдных эпидемиологических наблюдений, очень важными для подтверждения возможного развития этой патологии являются классические радиобиологические эксперименты на животных.

Так, в 2016 году было сообщено о результатах крупномасштабного эксперимента, проведенного в США по Национальной программе токсикологии [318]. Эксперимент был выполнен Национальным институтом исследования здоровья окружающей среды (NIEHS). Эта программа финансировалась правительством США, стоимость этого эксперимента составила 30 миллионов \$ (Wyde M., 2016) [335]. Крыс 2 года облучали ЭМП РЧ каждые 10 минут с 10-минутным перерывом в течение 18 часов в день. В качестве облучателей использовали два

стандарта сотовой связи GSM и CDMA. Частота сигналов ЭМП была равна 900 МГц. Было четыре группы крыс: три опытные по 180 шт. и одна группа — «ложный контроль» — 90 крыс. Было выбрано три величины малой нетепловой интенсивности SAR 1,5; 3 и 6 Вт/кг, которые не вызывали нагрев тканей, то есть исключали т.н. тепловой эффект.

Это исследование показало статистически значимое увеличение частоты развития рака среди опытных крыс в течение двухлетнего облучения (опухоли развились у 30 из 540 крыс). В дальнейшем, более детальное рассмотрение результатов было продолжено (Smith-Roe S., 2020) [324]. Полученные результаты показали, что нетепловые уровни ЭМП РЧ могут быть причиной развития опухолей мозга. Это заключение противоречит рекомендациям INCRIP, которые рекомендуют допустимый уровень поглощенной дозы SAR для МТ 2,0 Вт/кг.

Таким образом, результаты уникального классического радиобиологического двухлетнего эксперимента увеличили надежность заключения относительно значимого риска развития опухолей мозга у населения пользователей МТ при оценке опасности влияния на организм ЭМП мобильной связи.

Позднее, в 2018 году были опубликованы результаты еще одного также значимого радиобиологического эксперимента, выполнено в институте Рамазини (Италия) [182]. Необходимо отметить, что Институт Рамазини с 1971 года занимается изучением токсического воздействия химических веществ и физических факторов, и в том числе, ЭМП РЧ.

Получены результаты, близкие к результатам проведенного эксперимента по Национальной программе токсикологии NIEHS, но еще более приближенные к реальным условиям — проводилось *облучение животных (крыс) от перинатального периода и далее до естественной смерти (стоимость эксперимента 15 млн. €)*. Итальянские ученые поставили перед собой задачу еще более трудную — оценить возможность развития

опухолей при воздействии ЭМП при интенсивностях, близким к базовым станциям. Эти уровни воздействия находились в пределах существующих сейчас рекомендаций ICNIRP.

2448 самцов и самок крыс подвергали действию ЭМП сотового телефона 19 часов в день от перинатального периода до естественной смерти. Интенсивность излучения в данном исследовании соответствовала той, что можно получить от ближайшей вышки сотовой связи. Естественно, экспозиция была гораздо ниже, чем в исследовании NIENS. В этом исследовании значения SAR варьировались от 0,001 Вт/кг до 0,1 Вт/кг, а в исследованиях NIENS США с 1,5 до 6,0 Вт/кг. Уровни воздействия в итальянском эксперименте находились в самых нижних пределах текущих стандартов при воздействии на головной мозг INCRIP (2,0 Вт/кг).

Получены результаты, свидетельствующие, что долгосрочное использование сотового телефона связано с повышенным риском развития вестибулярного рака шванномы и акустической невриномы слухового нерва. Акустическая неврома также возникала из клеток Шванна, но в отличие от своего аналога в сердце, это обычно медленно растущая опухоль, а не раковая.

Несмотря на эти различия в уровнях облучения, оба исследования выявили статистически значимое увеличение риска развития злокачественных опухолей одного и того же типа шванномы в мозге у самок и в сердце у самцов крыс при условии тотального облучения.

Является принципиально важным, с нашей точки зрения, что в этом эксперименте было отмечено развитие опухолей мозга при интенсивностях излучения ЭМП базовых станций.

Необходимо отметить, что результаты этих двух экспериментов получены при общем облучении всего тела организма при использовании уровней ПДУ, рекомендованными ICNIRP. Важно отметить, что условия проведенных экспериментов были приравнены к реальным условиям воздей-

ствия от БС, Wi-Fi, т.е. от всех источников, обеспечивающих интернет и от терминалов СС.

Более ранние исследования на животных предоставили доказательства того, что неходжкинская лимфома может быть вызвана воздействием ЭМП РЧ (Шведский регистр неходжкинской лимфомы). Первичная лимфома ЦНС — редкое злокачественное заболевание у людей и с плохим прогнозом. В последние годы отмечается рост заболеваемости. На основании отчета НТР и Шведского регистра Hardell L. et al. (2020) [219] пришли к выводу, что использование МТ может быть фактором риска для ЦНС. Неходжкинская лимфома (НХЛ) является распространенным раком среди пациентов с подавленной иммунной системой. В этом документе обсуждается случай с очень тяжелым пользователем мобильных телефонов (13 200 совокупных часов за 15-летний период). Это равняется, примерно, 4 часам в день облучения головы/мозга и эта опухоль находилась на той же стороне головы, что и рука пользователя.

После завершения двух крупных исследований — Национальной программой токсикологии в США и Институтом Рамаззини в Италии — многие ученые считают, что теперь есть «явные доказательства» того, что радиационное облучение сотового телефона может вызывать рак мозга. Hardell L. в 2019 году, с учетом результатов этих двух экспериментов, предложил модернизировать классификацию IARC и перевести ЭМП РЧ в Группу 1, «как реальный канцероген для населения» [217]. Российские ученые солидарны с этим решением (Самойлов А.С., Григорьев Ю.Г., 2020) [101].

Весьма странно выглядит реакция Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США. Управление быстро опубликовало заявление, в котором подвергаются сомнению сформулированные выводы в отчете НТР и указывается, что «Подобные исследования на животных вызывают необходимость у нас обсудить эту тему. Мы должны

помнить, что исследование не было спланировано для проверки безопасности использования сотового телефона у людей, поэтому мы не можем сделать выводы о рисках использования сотового телефона из этого эксперимента».

Результаты многолетних эпидемиологических исследований (Швеция, США, Великобритания), проведенные радиобиологические эксперименты в США по программе NTP и результаты, полученные Институтом Рамазини, а также решение IARC позволяют нам считать, что развитие опухолей мозга в отдаленный период является надежным критерием для оценке опасности ЭМП сотовой связи.

Однако на развитие этого канцерогенеза проблематично сможет влиять дополнительное воздействие ММВ (5G), хотя мы в праве ожидать развития в этих условиях более широкого спектра опухолевого процесса кожи.

Опухоли щитовидной железы.

Заболеваемость раком щитовидной железы (ЩЖ) растет во многих странах, особенно папиллярного рака типа карцином. Ряд ученых связывают такой эффект с воздействием ЭМП мобильной связи на ЩЖ. В 2014 г. были опубликованы данные, позволяющие сделать вывод об увеличении заболеваемости раком ЩЖ в Южной Корее, начиная с 2002 года (Ahn H. et al., 2014) [133]. Соответствующая динамика «эпидемии» рака ЩЖ представлена на рис. 19.

Авторы указывают, что по данным Агентства по исследованию рака ЩЖ, что заболевания более чем в два раза возросли во Франции, Италии, Хорватии, Чешской Республике, Израиле, Китае, Австралии, Канаде и США, но без сопутствующего возрастания смертности. Авторы этой работы считают, что это только «верхушка айсберга» рака ЩЖ.

В 2017 и 2018 годах также было сделано два обобщения о росте развития папиллярных опухолей ЩЖ, связанных с интенсивным воздействием ЭМП (Lim H., 2017; Luo J. et al., 2018)

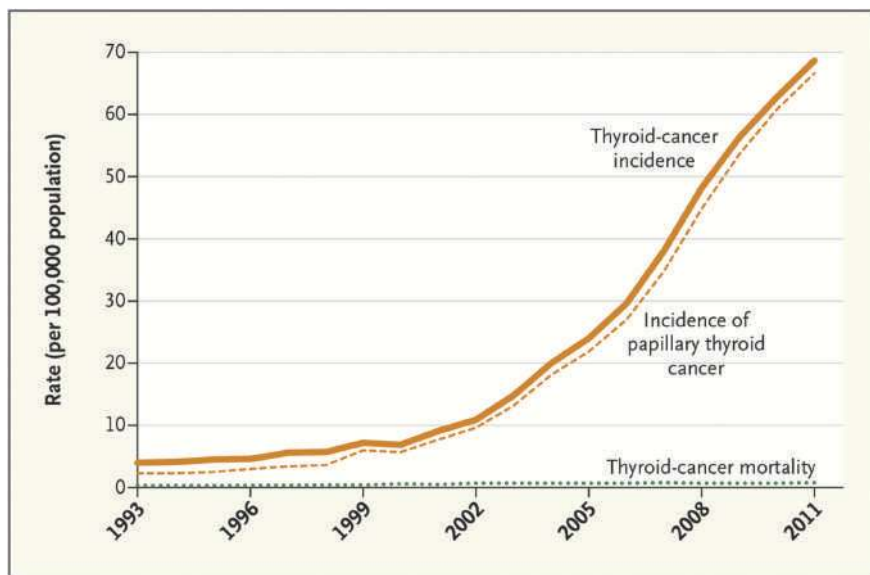


Рис. 19. *Динамика заболеваемости раком щитовидной железы в Южной Корее (Ahn H. et al., 2014) [133]*

[257, 261]. Возросла заболеваемость папиллярным раком ЩЖ и смертность среди пациентов в Соединенных Штатах с 1974 по 2013 гг. и ее годовой процент, в среднем, составил 4,4%. Смертность в период с 1994 по 2013 гг. на основе заболеваемости ЩЖ возросла на 1,1% в год.

Был подведен итог предшествующим исследованиям, посвященным установлению связи между использованием МТ и развитием рака ЩЖ в США (Luo J. et al., 2018) [261]. Исследования были проведены Йельской школой медицины и Департаментом здравоохранения штата Коннектикут, США. Авторы считают, что с большой долей достоверности и при наличии высокого риска у «тяжелых» пользователей (разговор по телефону более двух часов в день) и долгосрочных пользователей МТ (более 15-ти лет) прогнозируется зависимость с очень вы-

соким риском. Женщины, которые использовали МТ более двух часов в день, имели больший риск развития рака ЩЖ по сравнению со шнуrowыми телефонами. Констатиrowано, что рак ЩЖ является самым быстрорастущим заболеванием в США, его частота возросла почти в три раза: в 1980-х — 4 случая на 100 000, а в 2014 году — 15 случаев на 100 000. Рост новых случаев рака ЩЖ увеличился в среднем до 3% в год за последние десять лет по данным эпидемиологической программы NCI Surveillance, Epidemiology And Results-9 (SEER-9) и реестру Национального института онкологии США «Рак щитовидной железы» (NCI) (рис. 20). По оценкам этого регистра в 2018 году диагностиrowано 53 990 новых случаев рака ЩЖ, что делает его двенадцатым из наиболее распространенных заболеваний в США.

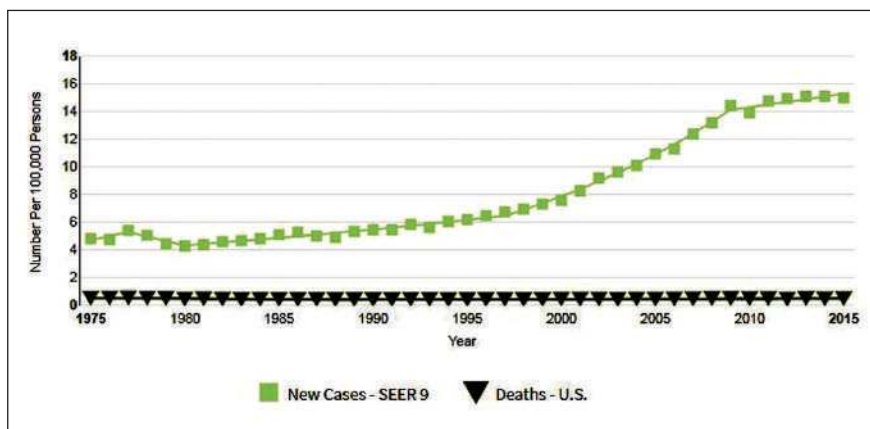


Рис. 20. Динамика развития рака щитовидной железы и смертность в США

Таким образом, анализ опубликованных результатов позволяет констатировать, что электромагнитные поля могут привести к высокой доле риска развития гипертиреоза или канцерогенеза, индуцируя изменения на уровне всего организма.

Своевременный индивидуальный донозологический контроль в хронодинамике жизнедеятельности позволит своевременно выявить и оценить возникшие изменения в ЩЖ. Это диктует необходимость более широкого и регулярного диспансерного наблюдения и применения современных методов раннего выявления нарушений функций и рака щитовидной железы. Данная проблема требует дальнейшего комплексного исследования (Григорьев Ю.Г., Воронцова З.А., Ушаков И.Б., 2020) [56].

Учитывая высокую чувствительность щитовидной железы к физическим факторам, возможно развитие неблагоприятных отдаленных последствий в ЩЖ при пожизненном воздействии ММВ.

2.2.6. Детский организм. Уязвимость к ЭМП

ВОЗ определила свою точку зрения на восприимчивость детей к воздействию факторов внешней среды: *«Дети отличаются от взрослых. Дети имеют уникальную уязвимость, когда они растут и развиваются; имеются «окна восприимчивости»: периоды, когда их органы и системы, возможно, приобретают особую чувствительность к воздействию определенных экологических угроз»* [224]. В последующих публикациях делаются аналогичные выводы о различной радиочувствительности между детьми и взрослыми пользователями МТ.

К сожалению, Консультативный Комитет ВОЗ по Международной программе «Оценка опасности ЭМП для населения» не акцентирует внимание на этом важном постулате о высокой радиочувствительности детей к ЭМП. На фоне результатов многочисленных исследований, указывающих на изменения в головном мозге пользователей детей МТ, аморально выглядят попытки телекоммуникационной промышленности утверждать, что мобильная связь не может оказывать отрицательного воз-

действия на детей. Активному продвижению мер по безопасному использованию мобильных телефонов препятствует наличие финансового лобби этой промышленности, связанной с внедрением сотовой связи, пропагандирующее концепцию о полной безопасности для всех групп населения ЭМП сотовой связи, особенно для детей. Организован даже «Мобильный промышленный форум (ММФ) этого лобби. Фонд финансирует только исследования, где заранее предусмотрены желаемые для него отрицательные результаты. Например, ММФ опубликовал специальную брошюру под названием «Промышленный форум ММФ, точка зрения на проблему — мобильные телефоны и дети» [332]. По мнению этого Комитета, *существует сильная научная база для всех потребителей, вселяющая уверенность в безопасности мобильных телефонов.* Более абсурдного вывода не представляется возможным сформулировать, тем более что такой научной базы нет, адекватные экспериментальные исследования в условиях хронического воздействия ЭМП РЧ на формирующийся мозг ребенка за рубежом до настоящего времени не проводятся.

Сложившаяся ситуация под крылом телекоммуникационного промышленного лобби тормозит исследования по проблеме и, по нашему мнению, целенаправленно переводит практическое решение проблемы электромагнитной безопасности в русло постоянных дискуссий. Имеются факты безнаказанного скрывания неблагоприятного действия ЭМП сотовой связи на детей и, прежде всего, со стороны лобби телекоммуникационной промышленности.

В России предусмотрено наказание за укрывательство информации от педагогов, со стороны чиновников из сферы образования об опасности для здоровья участников образовательного процесса (статья 237 УК РФ «Соккрытие информации об обстоятельствах, создающих опасность для жизни или здоровья людей»). «Должностные лица образовательных

организаций обязаны сообщать о данной угрозе общественности, а также незамедлительно принимать меры реагирования по устранению опасности в отношении участников образовательного процесса».

Реально, впервые за весь период цивилизации, происходит массовое постоянное электромагнитное облучение головного мозга ребенка/подростка и, в первую очередь нервных структур внутреннего уха и жизненно важных центров головного мозга. При поддержке родителей, ребенок стал обладателем мобильного телефона, который является открытым, неконтролируемым источником ЭМП.

Несмотря на большое число публикаций по воздействию ЭМП РЧ мобильных телефонов на организм человека, оценки опасности данного вида излучения на организм детей и подростков малочисленны и опираются в большинстве случаев на эпидемиологические данные, полученные с помощью опросников. Результаты этих исследований указывают на нарушения психосоматического здоровья юных пользователей: повышение уровня утомления, агрессивности, тревожности, враждебности и социального стресса, снижение уровней устойчивости к стрессу (Van den Bulck J., 2007; Inyang I., Benke G., Dimitriadis C. et al., 2010; Inyang I., Benke G., McKenzie R. et al., 2010) [331, 235, 236]. Однако, учитывая, что эти исследования проводятся дистанционно и с помощью заполнения вопросников самими родителями, возникают серьезные вопросы к достоверности полученных результатов.

Заслуживают внимания проведенные эксперименты на молодых мышках и крысах, выполненные только за последние несколько лет.

Narayanan S, Kumar R., Kedage V. et al. (2014) [276] считают возможным развитие окислительного стресса и антиоксидантной защиты в дискретных областях мозга подростковых крыс при воздействии ЭМП 900 МГц на уровнях тиобарбитуро-

вых кислот (TBARS), общих антиоксидантов (ТА) и глутатион S-трансферазы (GST). Тридцать шесть крыс — самцов линии Востер подросткового возраста 6-8 недель были разделены рандомизированной выборкой на три группы по 12 животных в каждой группе. Контрольная группа (1) оставалась в своей клетке. Группу крыс sham-контроля (2) подвергали воздействию мобильного телефона в режиме выключения в течение четырех недель. Крысы опытной группы (3) были подвергнуты облучению ЭМП по 1 часу в день с пиковой ППЭ 146 мкВт/см^2 от активированной глобальной системы мобильной связи (GSM). Включенный МТ в течение четырех недель был в режиме молчания, без звукового сигнала и в отсутствии вибрации. На 29-й день были оценены поведенческие реакции и вслед за этим, шесть животных из каждой группы декапировали и проводили биохимические исследования в миндалине, гиппокампе, лобной коре и в мозжечке. Авторы отметили изменения в поведении облученных животных. Повышенный уровень TBARS был найден во всех исследуемых структурах мозга, сократилось ТА в миндалине и мозжечке, но в других областях мозга ее уровень существенно не изменился. GST-активность значительно снизилась в гиппокампе. В данной работе сделан вывод, что воздействие ЭМП РЧ в течение месяца индуцирует окислительный стресс в головном мозге крыс, но его величина отличается в разных изученных структурах мозга. Развитие окислительного стресса может быть одной из основных причин поведенческих нарушений у крыс после воздействия ЭМИ РЧ.

Были получены данные о неблагоприятном влиянии электромагнитного поля 900 МГц на гиппокамп 60-дневных крыс — самцов подросткового возраста (Kerimoğlu G., Hancı N., Baş O. et al., 2016) [244]. Гиппокамп имеет значение для таких функций, как приобретение памяти, интеграция и пространственное маневрирование. В данном исследовании показано, что ЭМП могут привести к серьезному повреждению в гиппокампе как

к морфологическим, так и функциональным. Авторы исследовали гиппокамп у 60-дневных крыс - самцов после воздействия ЭМП 900 МГц на протяжении всего подросткового периода, используя стереологический, гистологический и биохимический методы анализа. Восемнадцать самцов крыс Sprague Dawley в возрасте 21 дня были отобраны в обще контрольную, sham-контрольную и опытную — ЭМП группы на случайной основе. Крыс опытной группы подвергали воздействию ЭМП в течение 1 часа в день от начала до конца подросткового возраста. Всех крыс забивали в возрасте 60 дней. Левые полушария мозга были выделены для биохимических анализов, а на правых полушариях были проведены стереологические и гистологические оценки. Гистопатологические исследования показали увеличение числа пикнотических нейронов с черной или темно-синей цитоплазмы, окрашенных с крезиловым фиолетовым. Стереологический анализ показал меньшее количество пирамидальных нейронов в опытной группе, чем в двух других контрольных группах. Было отмечено увеличение уровней малонового диальдегида и глутатиона, снижение уровня каталазы в мозге облученных крыс. Результаты указывают на то, что окислительный стресс, связанный с морфологическим повреждением и пирамидальной потерей нейронов, может наблюдаться в гиппокампе крыс после воздействия ЭМП 900 МГц в течение всего подросткового периода.

Были исследованы возможные патологические изменения мозжечка у крыс-подростков, подвергшихся воздействию 900 МГц ЭМП ежедневно в течение 25 дней (Aslan A., İkinçi A., Vaş O. et al., 2017) [146]. Использовали три группы из шести 21-дневных крыс-самцов: группа общего контроля (OK EG), группа, подвергнутая обману (Sham-K) и группа, подвергнутая облучению EMF (EMF-опытEG). Крыс группы EMF-опытEG подвергали воздействию ЭМП в течение 1 часа ежедневно с 21 по 46 послеродовых дней. Мозжечки всех животных удаляли в

послеродовой 47 день. Срезы окрашивали крезил-фиолетовым для гистопатологического и стереологического анализов. Было обнаружено значительно меньшее количество клеток Пуркинье в группе EMF-опытEG, чем в группах ОК EG и Sham-K. Гистопатологическая оценка выявила изменения нормального расположения клеток Пуркинье и патологические изменения, включая интенсивное окрашивание цитоплазмы нейронов только в опытной группе. Авторы обнаружили, что воздействие непрерывной 900 МГц ЭМП в течение 1 ч/сут в подростковом возрасте может нарушить морфологию мозжечка и уменьшить количество клеток Пуркинье у подростков-крыс.

Штенберг А.С. и др. (2000) [124] получили достоверное увеличение числа груминговых реакций у молодых крысят по сравнению со взрослыми животными под воздействием ЭМП сложного сигнала, очень низкой частоты и ППЭ. Животных облучали ЭМП 4 200 и 970 Мг с ППЭ 15 мкВт/см² в течение 30 минут. Результаты показали, что молодые животные были более радиочувствительными при воздействии ЭМП со сложным сигналом.

Заслуживают внимание результаты наблюдений Вятлевой О.А. и Курганским А.М. (2019) [20] за школьниками 6-15 лет в течение трех лет. Опрос 2 137 российских школьников 6-15 лет (2008-2010 годы обучения) о параметрах пользования МТ и показателях здоровья (частота головных болей и нарушений сна, количество простудных заболеваний в год) позволили авторам выявить возрастные критичные режимы пользования МТ, связанные с рисками частых (несколько раз в неделю) жалоб на самочувствие. У детей 6-10 лет ежедневное количество разговоров ≥ 2 и их общая длительность ≥ 6 минут было сопряжено с переходом в разряд часто болеющих. У подростков 11-13 лет, ежедневно говорящих по телефону 6 и более раз в день, увеличилась частота головных болей. У подростков 14-15 лет при ежедневном количестве разговоров ≥ 6 и их общей



Вятлева О.А. — ведущий научный сотрудник НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГАУ «НМИЦ Здоровья детей», кандидат биологических наук

длительности ≥ 10 минут возрастал риск частых жалоб на головные боли и нарушения сна.

В более подробном исследовании 125 младших школьников г. Москвы, проведенном в 2017-2019 годах, авторы определили уровни излучения индивидуальных МТ, электромагнитную нагрузку, связанную с их использованием, а также влияние параметров мобильной связи на более широкий спектр показателей самочувствия и электроэнцефлограмму (Вятлева О.А, Курганский А.М., 2018) [19]. Измерение ППЭ МТ у головы пользователя показало, что ее значения варьируют от 0,1 до 300 мкВт/см², причем у 43,5% детей они превышают норматив для взрослых (100 мкВт/см²,

СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03). Однако высокий уровень излучения был характерен для старых моделей МТ с кнопочной клавиатурой.

С помощью разработанной авторами формулы для приблизительной оценки ежедневной электромагнитной нагрузки, связанной с использованием МТ, было показано, что у отдельных детей ее максимальные значения (273,4 мкВт·ч/см²) сопоставимы с ПДУ для персонала радиотехнических объектов (200 мкВт·ч/см², СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03).

При анализе жалоб на самочувствие у 80 детей 7-10 лет без неврологических осложнений в анамнезе была установлена положительная корреляция частоты жалоб на головные боли, головокружения, тревогу и сниженное настроение с уровнем излучения и режимами использования МТ. Риск появления головокружений был повышен у детей, которые использовали

МТ с максимальной ППЭ ≥ 100 мкВт/см² (OR 4,44; 95% CI 1,15-9,27), ежедневно разговаривали по МТ ≥ 6 минут (OR 8,55; 95% CI 1,74-7,11) и имели ежедневную электромагнитную нагрузку более 3,62 мкВт·ч/см² (OR 5,25; 95% CI 1,33-10,05). Дети, разговаривавшие по МТ более 2-х раз в день, отличались повышенным риском частых (несколько раз в неделю) жалоб на тревогу. Использование МТ с кнопочной клавиатурой (в сравнении со смартфонами) было сопряжено с риском частых жалоб на сниженное настроение (Вятлева О.А., Курганский А.М., 2019) [21].

Анализ изменений электроэнцефалограммы при однократном воздействии излучения у 13 детей 6-13 лет показал, что 3-х-минутное воздействие с максимальной ППЭ около 100 мкВ/см² вызывало обширное снижение мощности альфаритма, более выраженное в ипсилатеральном полушарии (Вятлева О.А., Текшева Л.М., Курганский А.М., 2016) [22]. По мнению авторов, отмечалось угнетение пароксизмальной активности стволового происхождения (Вятлева О.А., Курганский А.М., 2017) [18]. ЭЭГ-эффект излучения с ППЭ менее 1 мкВ/см² в целом по группе не отличался от эффекта плацебо (МТ в авиарежиме). Лишь у детей моложе 10 лет он вызывал отличную от плацебо реакцию в виде локального угнетения альфаритма в височной коре ипсилатерального полушария (Вятлева О.А., Текшева Л.М., Курганский А.М., 2016) [22]. Это отличается от результатов ранее проведенных повторных исследований Лукьяновой С.Н. (2015) [79].

Были проведены электрофизиологические исследования у детей с разным уровнем ежедневной электромагнитной нагрузки (Вятлева О.А., Курганский А.М., 2019; Вятлева О.А., 2019) [20, 17]. Характер биоэлектрических изменений отличался у детей со средним уровнем нагрузки (от 0,31 до 12,86 мкВт/см²) по сравнению с ровесниками, имеющими низкую нагрузку (<0,31 мкВт/см). При высоком уровне нагрузки (>12,86 мкВт/см²) изменения ЭЭГ (повышение мощности бета-волн) носили

более локальный характер и наблюдались в лобно-центрально-височной зоне правого полушария, которое наиболее часто подвергается облучению МТ. У детей с большей ежедневной нагрузкой и общей длительностью пользования МТ отмечено также изменение межполушарной асимметрии альфа-ритма в виде его усиления в полушарии, которое наиболее часто подвергается воздействию МТ.

В России Хорсева Н.И. и Григорьев Ю.Г. проводят с 2006 г. и по настоящее время многолетние (лонгитюдные) психофизиологические исследования школьников, пользователей мобильными телефонами. В отличие от зарубежных эпидемиологических исследований с использованием анкетных дистанционных и недостаточно объективных методик, в данной работе производится оценка реакций центральной нервной системы детей и подростков на электромагнитное излучение МТ с помощью психофизиологических тестов, имея непосредственный постоянный контакт с ребенком и родителями. Это единственное «непосредственно контактное» многолетнее исследование хронического воздействия электромагнитного излучения мобильных телефонов на организм детей и подростков. Организация мониторинговых исследований подробно описана в книге Григорьева Ю.Г. и Хорсевой Н.И. (2014) [65].

Полученные результаты указывают на возможное неблагоприятное воздействие излучения МТ на нервную систему детей и подростков. Установлены: увеличение времени реакции на звуковой и световой сигнал, нарушение фонематического восприятия, снижение работоспособности, рост утомляемости, снижение показателей продуктивности произвольного внимания, увеличение времени выполнения задания с одновременным уменьшением точности (Григорьев Ю.Г., Хорсева Н.И., 2014; Grigoriev Y., Khorseva N., 2019; Grigoriev Y., 2018) [65, 213, 204] и более 30 публикаций в рецензируемых журналах.

Следует отметить, что все полученные психофизиологические показатели были ниже нормы или находились на нижней границе нормы.

Важно подчеркнуть, что полученные результаты учитывали данные индивидуальных опросов детей и подростков по режиму работы с мобильными телефонами и характеру использованных гаджетов.

В этой связи, представляет интерес анализ динамики изменения режима пользования мобильными телефонами за весь период наблюдения. Проведена оценка длительности пользования МТ, ежедневной нагрузки (мин/день), способа пользования (подносит ребенок аппарат к уху, держит около уха, использует громкую связь и пр.). Учитывая, что в этих наблюдениях (2006 год) не у всех детей, которые были под наблюдением, имелись мобильные телефоны, имелась уникальная возможность не только проследить динамику изменения психофизиологических показателей с началом пользования МТ (т.е. в начале исследования имелась группа контроля — 67 школьников, которые не пользовались МТ), но и оценить изменение режима пользования МТ.

Так, в начале исследований у всех школьников были кнопочные мобильные телефоны с достаточно ограниченным набором функций: можно было сделать звонок, отправить сообщение или «поиграть» в простенькие игры. В исследовании, проведенном с 2006 по 2009 годы, период начала пользования МТ практически совпадал с приходом ребенка в первый класс, поэтому длительность пользования не превышала, как правило, 0,5 года или 7 месяцев. Длительность ежедневных разговоров колебалась в среднем в пределах 2-10 мин/день для первоклассников и 4-16 мин/день для учащихся 2-4 классов. Все учащиеся в этот период времени при пользовании МТ подносили его к уху. Что касается школьников среднего звена, длительность пользования была 1-3 года, а ежедневное время пользования

уже доходило до 25-27 мин/день. Несмотря на то, что в этот период времени на родительских собраниях неоднократно говорилось о потенциальной угрозе излучения МТ для здоровья детей и подростков, эта информация воспринималась родителями с большим скепсисом. Однако это продолжалось до тех пор, пока динамические наблюдения не стали выявлять изменение психофизиологических показателей. В первую очередь это касалось изменения времени реакции на звуковые и световые стимулы, увеличения числа нарушений фонематического восприятия, снижения показателей работоспособности и увеличение параметров утомляемости.

С развитием мобильной связи и с появлением «продвинутых» гаджетов, с расширением их функциональных возможностей, изменился и режим пользования МТ. В первую очередь это коснулось начала пользования МТ. Например, анкетирование первоклассников в период 2009-2013 гг. выявило тенденцию увеличения числа детей, которые начали пользоваться МТ с шестилетнего и даже с пятилетнего возраста. Изменился и ежедневный режим пользования: 2-15 мин/день для первоклассников, а с увеличением возраста ежедневный режим составлял уже 11-18 мин/день (реже более 20 мин/день). С появлением гарнитуры учащиеся стали использовать её чаще, но только для прослушивания музыки или аудиокниг, а не для разговора. Кроме того, в этот период времени выяснилось, что родители используют мобильные телефоны детей в качестве контроля (помощи, объяснений) выполнения домашнего задания. А вследствие того, что не все МТ имели функции громкой связи, ребенок был вынужден держать телефон, прижав его плечом к уху. В зарегистрированных случаях длительность такого пользования могло доходить до 1,5 часов в день.

Последние 6 лет на базе «Химкинского Лицея» (ранее Лицей №17) мониторинг продолжается на фоне профилактических мер, предусматривающих формирование культуры пользования

мобильными телефонами, что крайне важно в период активного становления личности ребенка. Этому способствовало и расширение функционала самих гаджетов: возможность использования голосовых сообщений, видеозвонков, комплектация гарнитурой и пр., позволяющая вести разговор, не поднося гаджет непосредственно к уху. Кроме того, с первых дней организации мониторинга, директор, администрация, педагогический коллектив Лицея и родители учащихся активно включились в профилактическую работу. В частности, на общем собрании было принято «Положение о режиме пользования мобильных устройств в период образовательного процесса».

В Лицее разработан и внедрен цикл профилактических мероприятий, направленных на формирование культуры пользования мобильными телефонами среди участников образовательного процесса, опирающийся на нормативно-правовой блок (в соответствии с новым законодательством, рекомендациями вышестоящих инстанций и локальными положениями учреждения) и устанавливающий режим и правила использования устройств во время образовательного процесса. Полная циклограмма мероприятий включает в себя реализацию на всех уровнях: административном (правовая и методическая поддержка, выработка стратегии), педагогическом (мероприятия в классах и параллелях, разновозрастные мероприятия и исследовательская деятельность, диагностика и коррекция), ученическом (равноправное участие в реализации задач, инициативность, учебно-исследовательская работа), в том числе с привлечением официальных представителей обучающихся. Для реализации отдельных мероприятий возможно участие приглашенных специалистов.

За весь период наблюдений отмечается рост числа учащихся (в первую очередь в начальном звене — 1-2 классы), не пользующихся мобильными телефонами: от 3,6 до 14,9% для разных годов рождения, что может быть связано с теми профи-

лактическими мероприятиями, которые проводятся в Лицее. По результатам мониторинга режима пользования МТ установлено, что возросло число учащихся (с 16,9% до 33,6%), которые используют безопасный режим пользования МТ (громкая связь, гарнитуру, SMS, мессенджеры, видеозвонок и пр.); с 13,4% до 19% учащихся находятся в режиме «перехода к безопасному режиму» (держит около уха на расстоянии 2-5 см, чаще использует громкую связь). Число учащихся, которые при разговорах подносят телефон к уху, снижается с 68,2% до 46,3% с одновременным сокращением ежедневного времени пользования. В частности, было установлено, что в первый год организации мониторинга число учащихся, которые разговаривали по МТ более 30 мин/день, находилось в пределах 18-38% и постепенно снижалось год от года и оставалось в пределах 10%. Дальнейший анализ ежедневного пользования МТ показал следующие закономерности. Среди учеников первых классов, число учащихся с ежедневной нагрузкой более 30 мин/день составляло от 10 до 35%. Последующие наблюдения позволили установить снижение этого показателя до 9,5-11%. Кроме того, при переходе из начального звена в среднее, в разные годы наблюдений отмечалось повышение числа учеников с длительностью ежедневного пользования более 30 мин/день до 18,3-24,9%. Это может быть связано как с психологическими особенностями подросткового возраста, так и, зачастую, со сменой гаджета на более «продвинутой». В целом, без учета активных пользователей МТ (более 30 мин/день), ежедневное время пользования МТ снижалось до 8,3-12,5 мин/день.

Таким образом, объективная информация родителей и их детей, а также педагогического персонала о возможной опасности для здоровья школьников при использовании гаджетов без рекомендуемых ограничений позволила получить ощутимые результаты. Анализ мониторинга психофизиологических показателей выявил, что у учащихся, которые переходили на безопас-

ный режим пользования МТ, психофизиологические показатели практически во всех случаях возвращались в возрастные нормы (Марахова В.А., Хорсева Н.И., 2015; Марахова В.А., Хорсева Н.И., 2015; Marakhova V.A., Brimova L.A., Khorseva N.I., Andrianova L.A., 2016; Марахова В.А., Хорсева Н.И., 2016; Марахова В.А., Хорсева Н.И., 2017) [85, 87, 264, 86, 84].

Публикация Хорсейвой Н.И., Григорьева Ю.Г. и Григорьева П.Е. «Оценка опасности ЭМП мобильных телефонов для детей и подростков. Итоги единственного в мире 14-летнего психофизиологического исследования» [112] на XIX Международном конкурсе научно-исследовательских работ PTSCIENCE 2020 г. удостоена Диплома I степени.



Н.И. Хорсева, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, Института космических исследований РАН



В последнее время и государственные структуры России обратили внимание на проблему негативного влияния излучения мобильных телефонов на организм подрастающего поколения. 14 августа 2019 года вышли «Методические рекомендации об использовании устройств мобильной связи в общеобразовательных организациях», утвержденные руководителями Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (№ МР 2.4.0150-19) и Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки (№ 01-230/13-01). 10 января 2020 года на сайте Роспотребнадзора Российской Федерации опубликованы рекомендации родителям по безопасному использованию мобильного телефона.

Наше подрастающее поколение впервые за весь период цивилизации с учетом повышенного фона ЭМП РЧ во внешней среде должно быть включено в Группу риска (Григорьев Ю.Г., 2004, 2005, 2008, 2009; Grigoriev Y., 2018; Markov M, Grigoriev Y., 2015) [54, 55, 40, 42, 204, 267]. Это неоднократно отмечалось в решениях Российского Комитета по защите от неионизирующего излучения (РНКЗНИ) от 2001, 2004, 2007, 2008 и 2009 годов. Тексты этих решений приведены в книге Ю.Г. Григорьева и Н.И. Хорсевой (2014) [65].

К сожалению, в настоящее время отсутствуют гигиенические регламенты воздействия ЭМП РЧ на детский головной мозг. Ещё в 2001 г. Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений (РНКЗНИ) рекомендовал не использовать мобильные телефоны детям и подросткам до 18 лет, а также беременным, начиная с момента установления факта беременности (Рекомендации РНКЗНИ, 2002) [97]. Эти рекомендации в последующем были учтены при подготовке СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03. Кроме того, актуальность этой проблемы неоднократно освещалась в работах ученых России (Grigoriev Yu., 2004; Григорьев Ю.Г., 2004; Григорьев Ю.Г., 2005; Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., 2013; Григорьев Ю.Г., Хорсева Н.И., 2014) [210, 54, 55, 57, 65].

Во многих странах (США, Канада, Индия, Израиль, Германия, Великобритания, Бельгия) также были выработаны различные временные рекомендации по режиму пользования мобильной связью детьми и подростками в образовательных учреждениях (American Academy of Pediatrics: Protect Children from Cell Phone & Wireless Radiation 2013.) [140].

В 2017 году в Рейкьявике состоялась Международная конференция «Children, Screen time and Wireless Radiation», на котором ученые 27 стран подписали Петицию об опасности для детей использования беспроводной технологии в школах. Это обращение подписали ученые Швеции, Великобритании Австралии, Франции, России — всего из 27 стран и в том числе от России автор этой монографии (Григорьев Ю.Г., 2017) [47].

Научная общественность слишком далеко находится от решения проблемы оценки опасности облучения ЭМП РЧ мозга детей. Как за рубежом, так и в России отсутствует соответствующая научная радиобиологическая база для установления порогового безопасного уровня ЭМП РЧ при дробном многолетнем воздействии на мозг ребенка.

С нашей точки зрения, рассмотренные выше результаты в отношении радиочувствительности детей, должны быть использованы как адекватная информация для суммарной оценки опасности сотовой связи. Включение детей в группу риска должно быть распространено и в отношении 5G-стандарт, прежде всего, учитывая высокую радиочувствительность кожи детей. Безусловно, при использовании ММВ 5G-стандарта, будет дополнительная нагрузка на мозг ребенка за счет информации, поступающей от обширных высоко радиочувствительных рецепторных зон кожи детей.

Представляем мнение Markov M., который неоднократно давал суммарную оценку современной ситуации, связанной с глобальным предшествующим воздействием ЭМП на население (2013, 2018, 2019) [268, 265, 266]. «Двадцать первый век отме-

чен экспоненциально растущим развитием технологий беспроводной связи. К непрерывному действию сложных и неизвестных (по источникам, амплитудам, частотам) электромагнитных полей подвергается полная биосфера и каждый организм, живущий на этой планете.»

«Опасность высокочастотных электромагнитных полей, используемых в сообщении XXI века, часто обозначается как «противоречивая», теория т.н. теплового действия абсолютно неверна. Это не спорный вопрос, это конфликт интересов промышленности с одной стороны, и цивилизации гражданского общества и окружающей среды — с другой.

Особое внимание следует уделить потенциальному ущербу, который общество XXI века вызывает у детей. Это реалии нашей жизни и теперь невозможно защитить детей от «коктейлей» электромагнитных излучений в XXI веке. Дети — самая агрессивная часть пользователей беспроводных устройств — от игрушек до планшетов и смартфонов. И самое худшее то, что их тело и мозг стали подвержены ЭМП РЧ почти с момента их рождения, в большинстве случаев они начинают использовать компьютерные игрушки уже в возрасте одного года. Воздействие ЭМП РЧ на новорожденных и детей старших возрастов будет более продолжительным и сильным, чем воздействие на их родителей».

2.3. К суммарной оценке опасности 3G, 4G и 5G

Рациональное регулирование будущей телекоммуникационной инициативы, требует тщательной оценки рисков для здоровья человека и окружающей среды. Сегодня настойчиво внедряется для глобальной сотовой связи 5G-стандарт, работающий с ММВ. Важно дать суммарную оценку опасности для населения не только 5G, но и уже ранее используемым стандартам вместе.

Возникла совершенно новая проблема в связи с использованием сотовой связи 5G-поколения. Каковы должны

быть современные подходы к оценке опасности для здоровья населения?

Стандарт 5G использует ЭМП миллиметрового диапазона, т.е. существенно иную частоту, чем технологии 2G, 3G и 4G. Это приводит, с одной стороны, к дополнительному воздействию ЭМП на население, но, с другой стороны, возможные биоэффекты будут совершенно другие. Критическими органами становятся кожа и склера глаз. В связи с этим, является ошибкой, с нашей точки зрения, когда при оценке опасности и при нормировании используется только простое арифметическое прибавление поглощённой дозы 5G-стандарта к уже существующим стандартам 2G, 3G и 4G. По нашему мнению, это не правильный и контрпродуктивный подход. Этим возможно объяснить не признание научной общественностью существующих гигиенических стандартов FCC, разработанных еще в 1996 году. **Более адекватной будет оценка опасности с учетом суммарной электромагнитной нагрузки на уже существующие критические органы и системы, возможное их неблагоприятное взаимодействие при формировании здорового статуса организма.**

С нашей точки зрения, является наиболее продуктивно проводить оценку опасности с учетом суммарной электромагнитной нагрузки на уже существующие критические органы и системы. Необходимо учитывать значимость влияния возможных нарушенных функций облученных критических органов и систем на формирование здорового статуса организма при пожизненном облучении ЭМП населения.

Критическими органами, при воздействии ЭМП сотовой связи, включая 5G-стандарт, можно считать, по нашему мнению, головной мозг, сенсорные системы зрительного, слухового и вестибулярного анализаторов, щитовидную железу, кожный покров тела, склеру глаз, репродуктивную и иммунную системы. Особую значимость для оценки опасности ЭМП в условиях хронического облучения заслуживают

отдаленные последствия, такие как злокачественные опухоли. Безусловно, должна учитываться большая уязвимость детей к воздействию ЭМП сотовой связи.

Такой подход к оценке суммарной радиобиологической опасности планетарного электромагнитного облучения населения более адекватен, он учитывает возможное неблагоприятное влияние комплексного облучения ЭМП всех трех стандартов — 3G, 4G и 5G на наиболее радиочувствительные функции организма, что, безусловно, увеличит риск опасности для здоровья населения.

Можно прогнозировать изменение нашего традиционного образа жизни.

Является важным начать в России масштабные научные исследования по оценке влияния на здоровье населения ЭМП сотовой связи. Это должны быть Государственные программы. Необходимо оценить степень радиочувствительности различных органов и систем организма в различные периоды их развития и влияние этих изменений на жизнедеятельность организма. Необходимо оценить возможные неблагоприятные реакции со стороны критических органов, таких, как головного мозга, зрительного, слухового и вестибулярного анализаторов, щитовидной железы, кожных покровов тела, склеры глаз, репродуктивной и иммунной систем. Особую значимость для оценки опасности ЭМП в условиях хронического облучения заслуживают изучения отдаленных последствий, таких, как злокачественные опухоли. Безусловно, должны быть проведены специализированные исследования по оценке степени опасности к воздействию ЭМП сотовой связи на детей. Необходимо создать научную базу для разработки оптимальных гигиенических нормативов с надежным «коэффициентом запаса». Проблема механизма биологического действия ЭМП малой интенсивности до сих пор не завершена.

2.4. Пути возможного снижения электромагнитной нагрузки на население. Необходимые ближайшие шаги

Сотовая связь является неотъемлемым атрибутом нашей жизни, в развитии социальных коммуникаций, в решении цифровой технологии экономических проблем. Возврата к использованию обычной кабельной системы связи нет.

В настоящее время мы не видим возможности снижения электромагнитной нагрузки для населения при воздействии ММВ (5G-стандарт). За рубежом так же не имеется соответствующих публикаций и предложений. Классические в радиобиологии два метода защиты от всех видов излучений — **защита расстоянием и временем** в данной ситуации не применимы. Сама идея технологии 5G предусматривает обеспечение постоянного принудительного контакта ММВ с населением, независимо от места его нахождения и желания избежать этого контакта.

Безусловно, необходимы кардинальные технические решения для снижения электромагнитной нагрузки на население. Важно расширить научные исследования по Государственным программам. Глобальное лоббирование интересов промышленности должно быть прекращено.

Необходимо гармонизировать гигиенические стандарты, чтобы они соответствовали имеющимся результатам многочисленных научных исследований и были свободны от ангажированных экспертов и исполнительных Комитетов международных уровней.

Для получения ощутимого эффекта в снижении электромагнитной нагрузки на население, по нашему мнению, необходимо привлечение населения к этому серьезному процессу. Важно поменять существующее отношение населения к сотовой связи, оно не должно быть только обычно потребительским. Должна быть объективная информация о существующей опас-

ности для здоровья, как это было сделано в отношении ионизирующей радиации после аварии на ЧАЭС. Все возрастные группы населения должны четко знать, что ЭМП сотовой связи относятся к вредным видам излучения и неразумное и необоснованное использование этой связи (длительные разговоры на бытовые темы, беспредметная «болтовня», полный отказ от шнуrowых домашних телефонов и пр.) могут отрицательно повлиять на здоровье.

Мы должны кардинально изменить у населения отношение к сотовой связи!

Полученная информация, что ЭМП относятся к вредным видам излучений и требует строгого соблюдения гигиенических рекомендаций, должна активно и постоянно доводиться до всех групп населения и, прежде всего, через СМИ. В настоящее время в СМИ в России и за рубежом идет поток информации, что облучение ЭМП сотовой связи безопасно. Как правило, эти заключения делают эксперты не профильных специальностей, а имеющие только техническое образование и не погруженные в проблему, не осознавая возможные последствия для здоровья населения.

Население должно ОСОЗНАТЬ, что ЭМП могут отрицательно влиять на здоровье в условиях несоблюдения рекомендованных нормативов. Население всех возрастов должно стремиться снизить электромагнитную нагрузку на свой организм. Например, выбирая тот или иной гаджет для себя и ребенка, устанавливать временной режим использования мобильного телефона, увеличивать расстояние между головным мозгом и источником ЭМП, т.е. самостоятельно выбирать и соблюдать оптимальные пути снижения уровня электромагнитного воздействия.

Мы предлагали ввести для населения категорию **«добровольного риска»**, т.е. независимый самостоятельный выбор вида использования сотовой связи, пользоваться или нет двумя

классическими методами защиты — «временем» и «расстоянием», т.е. необходимо сокращать время разговора и увеличивать, по возможности, расстояние между источником ЭМП (МТ) и головным мозгом (Григорьев Ю.Г., 2003, 2014, 2020) [38, 44, 51]. Однако с нашей точки зрения было бы оптимально дать название этому профилактической доминанте **«Осознанный риск»**.

Принятие «Осознанного риска» позволит резко снизить ежедневную электромагнитную нагрузку на население. В настоящее время все население, включая детей, должны принимать активные осознанные профилактические и защитные меры для снижения электромагнитной нагрузки на организм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Адаскевич В.П.* Клиническая эффективность, иммунорегулирующее и нейругоморальное действие миллиметровой и микроволновой терапии при атопическом дерматите. // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1995. — № 6. — С. 30-38.
2. *Акоев Г.Н., Авелев В.Д., Семеньков П.Г.* Восприятие ЭМИ мм диапазона электрорецепторами скатов. // Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине. Сборник докладов международного симпозиума. — М.: ИРЭ АН СССР, 1991. — С. 442-447.
3. *Алексеев С.И., Большаков М.А., Филиппова Т.М.* О механизмах действия ЭМИ дециметрового диапазона на нервную клетку. // Механизмы биологического действия электромагнитных излучений: тезисы докладов симпозиума. — Пущино: ОНТИ НЦБИ, 1987. — С. 35-36.
4. *Ананченко М.Н., Чуян Е.Н.* Кожная микроциркуляция в условиях функциональной нагрузки у испытуемых с различными типологическими особенностями под влиянием низкоинтенсивного миллиметрового излучения. // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: Биология, химия. — 2011. — Том 24 (63); № 02. — С. 30-49.
5. *Африканова Л.А., Григорьев Ю.Г.* Влияние электромагнитного излучения различных режимов на сердечную деятельность (в эксперименте). // Радиационная биология. Радиоэкология. — 1996. — Т. 36; № 5. — С. 691-699.
6. *Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н.* Миллиметровые волны и живые системы. — М.: САЙНС-ПРЕСС, 2004. — 271 с.
7. *Бецкий О.В., Котовская Т.И., Лебедева Н.Н.* Миллиметровые волны в биологии и медицине // III Всероссийская научно-техническая конференция «Радиолокация и радиосвязь» — ИРЭ РАН, 26-30 октября 2009 г. — М., 2009. — С. 146-150.
8. *Верещако Г.Г.* Влияние электромагнитного излучения мобильных телефонов на состояние мужской репродуктивной системы и потомство. — Минск: Беларуская навука, 2015. — 191 с.
9. *Верещако Г.Г., Чуешова Н.В.* Реакция органов репродуктивной системы и эпидидимальных сперматозоидов крыс на электромагнитное излучение от мобильного телефона (1745 МГц) различной

- продолжительности. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2017. — Т. 57; № 1. — С. 71-76.
10. *Верещако Г.Г., Чуешова Н.В., Горох Г.А. и др.* Состояние репродуктивной системы крыс-самцов первого поколения, полученных от облученных родителей и подвергнутых воздействию ЭМИ (897 МГц) в период эмбриогенеза и постнатального развития // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2014. — Т. 54; № 2. — С. 186-192.
 11. *Виноградов Г.И., Думанский Ю.Д.* Изменение антигенных свойств тканей и аутоаллергические процессы при воздействии СВЧ-энергии. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 1974. — Т. 77; № 8. — С. 76-79.
 12. *Виноградов Г.И., Думанский Ю.Д.* О сенсibiliзирующем действии электромагнитных полей сверхвысокой частоты. // Гигиена и санитария. — 1975. — №9. — С. 31-35.
 13. *Виноградов Г.И., Науменко Г.М.* Экспериментальное моделирование аутоиммунных реакций при воздействии неионизирующей микроволновой радиации. // Радиобиология. — 1986. — Т. 26; № 5. — С. 705-708.
 14. *Воронков В.Н., Хижняк Е.П.* Морфологические изменения в коже при действии КВЧ ЭМИ. // Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине. Сборник докладов международного симпозиума. — М.: ИРЭ АН СССР, 1991. — С.–635-638.
 15. *Воронцова З.А.* Системный анализ морфофункциональных изменений в щитовидной железе при хроническом воздействии электромагнитных полей: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра. биол. наук (05.13.01) / Воронцова Зоя Афанасьевна; Тульский гос. универ. — М., 2004. — 34 с.
 16. *Воропаев А.А., Мочалов А.Д., Жилиев Е.А.* Транскраниальная электростимуляция в лечении пациентов с хронической цереброваскулярной энцефалопатией // Нижегородский медицинский журнал. — 2004. — № 1. — С. 47-51.
 17. *Вятлева О.А.* Влияние длительного использования мобильного телефона у правого уха на межполушарную асимметрию альфаритма и слуховую память младших школьников. // Асимметрия. — 2019. — Т. 13; № 3. — С. 28-39.
 18. *Вятлева О.А., Курганский А.М.* Мобильные телефоны и здоровье детей 6-10 лет: значение временных режимов и интенсивность излучения // Здоровье населения и среда обитания. — 2017. — № 8 (293). — С. 27-30.

19. *Вятлева О.А., Курганский А.М.* Особенности пользования мобильной связью (интенсивность излучения, временные режимы) и влияние на показатели здоровья у современных младших школьников. // *Здоровье населения и среда обитания.* — 2018. — № 8 (305). — С. 51-54.
20. *Вятлева О.А., Курганский А.М.* Режимы пользования мобильным телефоном и здоровье детей школьного возраста. // *Гигиена и санитария.* — 2019. — Т. 98; № 8. — С. 857-862.
21. *Вятлева О.А., Курганский А.М.* Электромагнитная нагрузка, связанная с использованием мобильного телефона младшими школьниками, и ее влияние на их самочувствие и биоэлектрическую активность мозга. // *Актуальные вопросы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений: сборник докладов всероссийской научной конференции.* — М.: РНКЗНИ, 2019. — С. 35-37.
22. *Вятлева О.А., Текшиева Л.М., Курганский А.М.* Физиолого-гигиеническая оценка влияния мобильных телефонов различной интенсивности излучения на функциональное состояние головного мозга детей и подростков методом электроэнцефалографии. // *Гигиена и санитария.* — 2016. — Т. 95; № 10. — С. 965-968.
23. *Гапеев А.Б., Лукьянова Н.А.* Импульсно-модулированное электромагнитное излучение крайне высоких частот защищает ДНК клеток от повреждающего действия физико-химических факторов *in vitro*. // *Биофизика.* — 2015. — Т. 60; Вып. 5. — С. 889-897.
24. *Гапеев А.Б., Лушников К.В., Садовников В.Б. и др.* Влияние крайне-высокочастотного электромагнитного излучения низкой интенсивности на фагоцитарную активность нейтрофилов периферической крови в системах *in vivo* и *in vitro*. // *Вестник новых медицинских технологий.* — 2001. — Т. 8; № 3, С. 14-17.
25. *Гапеев А.Б., Лушников К.В., Шумилина Ю.В. и др.* Влияние низкоинтенсивного крайневысокочастотного электромагнитного излучения на структуру хроматина лимфоидных клеток *in vivo* и *in vitro*. // *Радиационная биология. Радиоэкология.* — 2003. — Т. 43; № 1. — С. 87-92.
26. *Гапеев А.Б., Лушников К.В., Шумилина Ю.В. и др.* Фармакологический анализ противовоспалительного действия низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высоких частот. // *Биофизика.* — 2006. — Т. 51; Вып. 6. — С. 1055-1068.
27. *Гапеев А.Б., Сафронова В.Г., Чемерис Н.К. и др.* Модификация активности перитонеальных нейтрофилов мыши при воздействии

- миллиметровых волн в ближней и дальней зонах излучателя. // Биофизика. — 1996. — Т. 41; Вып. 1. — С. 205-219.
28. Гапеев А.Б., Сирота Н.П., Кудрявцев А.А. и др. Реакции тимоцитов и спленоцитов мыши на действие низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высоких частот в норме и при системном воспалительном процессе. // Биофизика. — 2010. — Т. 55; Вып. 4. — С. 645-651.
 29. Гапеев А.Б., Чемерис Н.К. Действие непрерывного и модулированного ЭМИ КВЧ на клетки животных. Часть III. Биологические эффекты непрерывного ЭМИ КВЧ // Вестник новых медицинских технологий. — 2000. — Т. 7; № 1. — С. 20-25.
 30. Гапеев А.Б., Чемерис Н.К., Фесенко Е.Е. и др. Резонансные эффекты модулированного КВЧ поля низкой интенсивности. Изменение двигательной активности одноклеточных простейших *Paramecium caudatum*. // Биофизика. — 1994. — Т.39; Вып. 1. — С. 74-82.
 31. Гапеев А.Б., Якушина В.С., Чемерис Н.К. и др. Зависимость эффектов ЭМИ КВЧ от величины постоянного магнитного поля. // Доклады академии наук. — 1999. — Т. 369; № 3. — С. 404-407.
 32. Гапеев Б.А., Соколов П.А., Чемерис Н.К. Исследование поглощения энергии электромагнитного излучения крайне высоких частот в коже крысы с использованием различных дозиметрических методов и подходов. // Биофизика. — 2002. — Т. 47; Вып. 4. — С. 759-768.
 33. Гарибов Р.Э., Островский А.В. Изменяет ли микроволновое излучение динамическое поведение биологических макромолекул? // Успехи современной биологии. — 1990. — Т. 110; № 2. — С. 306-320.
 34. Геращенко С.И. Основы лечебного применения электромагнитных полей микроволнового диапазона. — Киев: Радуга, 1997. — 223 с.
 35. Геращенко С.И., Писанко О.И., Муськин Ю.Н. Влияние нетеплового КВЧ-излучения на биоэлектрическую активность мышц. // Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине. Сборник докладов международного симпозиума. — М.: ИРЭ АН СССР, 1991. — С. 430-435.
 36. Голант М.Б. Резонансное действие когерентных электромагнитных излучений миллиметрового диапазона волн на живые организмы. // Биофизика. — 1989. — Т. 34; Вып. 6. — С. 1004-1014.
 37. Горенская О.В., Прилипко Е.В., Шкорбатов Ю.Г. Анализ приспособленности линий *Drosophila Melanogaster*, несущих мутацию *white^{apricot}*, при действии электромагнитного излучения

- крайне высокой частоты // Факторы экспериментальной эволюции организмов. — 2017. — Т. 21. — С. 28-32.
38. Григорьев Ю.Г. Биоэффекты при воздействии модулированных электромагнитных полей в острых опытах (по итогам отечественных исследований). // Ежегодник РНКЗНИ. — М.: ИПК РУДН, 2003. — С. 16-73.
 39. Григорьев Ю.Г. Возможность развития опухолей мозга у пользователей сотовыми телефонами (научная информация к решению Международного Агентства по исследованию (IARC) от 31 мая 2011 г.). // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2011. — Т. 51; № 5. — С. 633-638.
 40. Григорьев Ю.Г. Дети в группе риска при оценке опасности ЭМП мобильной связи (прогноз здоровья настоящего и будущего поколений). // Вестник калужского университета. — 2008. — № 4. — С. 21-26.
 41. Григорьев Ю.Г. Значимость адекватной информации об опасности ЭМП сотовой связи для здоровья населения в 21 веке. // Актуальные вопросы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений: сборник докладов всероссийской научной конференции. — М.: РНКЗНИ, 2019. — С. 22-25.
 42. Григорьев Ю.Г. Мобильная связь и здоровье детей. Прогноз для настоящего и будущего поколения. // Всероссийская научная конференция: «Науки о жизни и образование». Фундаментальные проблемы интеграции. / Материалы конференции 2-4 февраля 2009 г. памяти М.В. Гусева — М.: Макс-Пресс, 2009. — С. 99-104.
 43. Григорьев Ю.Г. Мобильная связь и электромагнитный хаос в оценке опасности для здоровья населения. Кто несет ответственность? // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2018. — Т. 58; № 6. — С. 633-645.
 44. Григорьев Ю.Г. Мобильный телефон и неблагоприятное влияние на головной мозг пользователя — оценки риска. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2014. — Т. 54; № 2. — С. 215-216.
 45. Григорьев Ю.Г. От электромагнитного смога до электромагнитного хаоса. К оценке опасности мобильной связи для здоровья населения. // Медицинская радиология и радиационная безопасность. — 2018. — Т. 63; № 3. — С. 28-33.
 46. Григорьев Ю.Г. Отдаленные последствия биологического действия электромагнитных полей. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2000. — Т. 40; № 2. — С. 217-225.

47. Григорьев Ю.Г. Рейкьявик. Обращение. Беспроводные технологии в школах. // Гигиена и санитария. — 2017. — Т. 96; № 8. — С. 788.
48. Григорьев Ю.Г. Роль модуляции в биологическом действии электромагнитного излучения. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 1996. — Т. 36; № 5. — С. 659-670.
49. Григорьев Ю.Г. Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений. Решение. Электромагнитное поле мобильных телефонов: влияние на здоровье детей и молодежи. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2011. — Т. 51; № 4. — С. 483-487.
50. Григорьев Ю.Г. Сотовая связь — радиобиологическая проблема и оценка опасности. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2001. — Т. 41; № 5. — С. 500-513.
51. Григорьев Ю.Г. Стандарт 5G — технологический скачок вперед в сотовой связи: будет ли проблема со здоровьем у населения? (погружение в проблему). // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2020. — Т. 60; № 6. — С. 627-634.
52. Григорьев Ю.Г. Человек в электромагнитном поле (существующая ситуация, ожидаемые биоэффекты и оценка опасности). // Радиационная биология. Радиоэкология. — 1997. — Т. 37; № 4. — С. 690-703.
53. Григорьев Ю.Г. Электромагнитные поля мобильной радиосвязи и оценка риска для населения (современное состояние проблемы и перспективные исследования). // Медицина экстремальных ситуаций. — 2006. — № 4 (18). — С. 58-67.
54. Григорьев Ю.Г. Электромагнитные поля сотовых телефонов и здоровье детей. Что ожидает наших детей в ближайшей и долгосрочной перспективе? // Сотовая связь и здоровье: медико-биологические и социальные аспекты. Материалы заседания Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений. — М.: АЛЛАНА, 2004. — С. 12-65.
55. Григорьев Ю.Г. Электромагнитные поля сотовых телефонов и здоровье детей и подростков (Ситуация, требующая принятия неотложных мер). // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2005. — Т. 45; № 4. — С. 442-450.
56. Григорьев Ю.Г., Воронцова З.А., Ушаков И.Б. Оценка опасности воздействия электромагнитных полей на морфофункциональное состояние щитовидной железы. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2020. — Т. 60; № 6. — С. 622-626.

57. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Сотовая связь и здоровье. Электромагнитная обстановка, радиобиологические и гигиенические проблемы, прогноз опасности. — М.: Экономика, 2013. — 567 с.
58. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Сотовая связь и здоровье. Электромагнитная обстановка, радиобиологические и гигиенические проблемы, прогноз опасности. — 2-е изд., перераб. — М.: Экономика, 2016. — 574 с.
59. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Иванов А.А., и др. Аутоиммунные процессы после пролонгированного воздействия электромагнитных полей малой интенсивности (Результаты эксперимента). Сообщение 1. Мобильная связь и изменение электромагнитной среды обитания населения. Необходимость дополнительного обоснования существующих гигиенических стандартов. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2010. — Т. 50; № 1. — С. 5-11.
60. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Меркулов А.В. и др. Аутоиммунные процессы после пролонгированного воздействия электромагнитных полей малой интенсивности (результаты эксперимента) Сообщение 2. Общая схема и условия проведения исследования. Создание условий облучения электромагнитными полями в соответствии с задачами эксперимента. Состояние животных в течение пролонгированного облучения. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2010. — Т. 50; № 1. — С. 12-16.
61. Григорьев Ю.Г., Михайлов В.Ф., Иванов А.А. и др. Аутоиммунные процессы после пролонгированного воздействия электромагнитных полей малой интенсивности (результаты эксперимента) Сообщение 4. Проявление оксидативных внутриклеточных стресс-реакций после хронического воздействия ЭМП РЧ низкой интенсивности на крыс. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2010. — Т. 50; № 1. — С. 22-27.
62. Григорьев Ю.Г., Самойлов А.С., Бушманов А.Ю. и др. Мобильная связь и здоровье детей: проблема третьего тысячелетия. // Медицинская радиология и радиационная безопасность. — 2017. — Т. 62; № 2. — С. 39-46.
63. Григорьев Ю.Г., Сидоренко А.В. Электромагнитные поля нетеплового уровня и оценка возможности развития судорожного синдрома. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2010. — Т. 50; № 5. — С. 552-559.
64. Григорьев Ю.Г., Степанов В.С. Формирование памяти (импринтинг) у цыплят после предварительного воздействия электромагнитных

- полей низких уровней // Радиационная биология. Радиоэкология. — 1998. — Т. 38; № 2. — С. 223-231.
65. Григорьев Ю.Г., Хорсева Н.И. Мобильная связь и здоровье детей. Оценка опасности применения мобильной связи детьми и подростками. Рекомендации детям и родителям. — М.: Экономика, 2014. — 230 с.
66. Григорьев Ю.Г., Чуешова Н.В., Верещако Г.Г. Состояние репродуктивной системы крыс-самцов в ряду поколений, полученных от облученных родителей и подвергнутых электромагнитному воздействию от мобильного телефона // Медицинская радиология и радиационная безопасность. — 2018. — Т. 63; № 5. — С. 33-40.
67. Девятков Н.Д., Бецкий О.В., Голант М.Б. Научные обоснования возможности использования электромагнитных излучений миллиметрового диапазона малой мощности в медицине и биологии. // Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования. — Пущино: ОНТИ НЦБИ, 1986. — С. 75-94.
68. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. — М.: Радио и связь, 1991. — 168 с.
69. Енин Л.Д., Акоев Г.Н., Потехина И.Л. Особенности функционирования кожных афферентов белой крысы в условиях воздействия электромагнитного излучения миллиметрового диапазона малой интенсивности. // Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине. Сборник докладов международного симпозиума. — М.: ИРЭ АН СССР, 1991. — Ч.2. — С. 425-428.
70. Жаворонков Л.П., Петин В.Г. Количественные критерии микроволнового поражения. — М.: ГЕОС, 2018. — 232 с.
71. Иванов А.А., Григорьев Ю.Г., Мальцев В.Н. и др. Аутоиммунные процессы после пролонгированного воздействия электромагнитных полей малой интенсивности (результаты эксперимента) Сообщение 3. Влияние ЭМП РЧ нетепловой интенсивности на уровень комплементфиксирующих противотканевых антител. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2010. — Т. 50; № 1. — С. 17-21.
72. Ильина С.А., Бецкий О.В. Кожа и проблема взаимодействия миллиметровых волн с биологическими объектами // Миллиметровые волны в медицине и биологии. — М.: ИРЭ АН СССР, 1989. — С. 296-301.
73. Катаев А.А., Александров А.А., Тихонова Л.И. и др. Частотозависимое влияние миллиметровых электромагнитных волн на ионные

- токи водоросли *Nitellopsis*. Нетепловые эффекты. // Биофизика. — 1993. — Т. 38; Вып. 3. — С. 446-462.
74. *Козьмин Г.В., Егорова Е.И.* Устойчивость биоценозов в условиях изменяющихся электромагнитных свойств биосферы. // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. — 2006. — № 3. — С. 61-72.
75. *Коломыцева М.П., Ганеев А.Б., Садовников В.Б. и др.* Подавление неспецифической резистентности организма при действии крайне-высокочастотного электромагнитного излучения низкой интенсивности. // Биофизика. — 2002. — Т. 47; Вып. 1. — С. 71-77.
76. *Лебедева Н.Н.* Реакции центральной нервной системы человека на электромагнитные поля с различными биотропными параметрами. // Биомедицинская радиоэлектроника. — 1998. — № 1. — С. 24-36.
77. *Ливанов М.Н., Цытин А.Б., Григорьев Ю.Г.* К вопросу о действии ЭМП на биологическую активность коры головного мозга кролика. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 1960. — Т. 49; № 5. — С. 63-67.
78. *Лисенкова Л.А., Петросян В.И., Житенева Э.А. и др.* Применение методов спектрального-волновой диагностики и резонансно-волновой терапии при тиреоидной патологии // Миллиметровые волны в биологии и медицине. / Сб. докладов 10 Российского симпозиума с междуна. участием — М.: ИРЭ РАН СССР, 1995. — С. 16-18.
79. *Лукьянова С.Н.* Электромагнитное поле СВЧ диапазона нетепловой интенсивности как раздражитель для центральной нервной системы. — М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2015. — 201 с.
80. *Лушников К.В., Ганеев А.Б., Садовников В.Б. и др.* Влияние крайне высокочастотного электромагнитного излучения низкой интенсивности на показатели гуморального иммунитета здоровых мышей. // Биофизика. — 2001. — Т. 46; Вып. 4. — С. 753-760.
81. *Лушников К.В., Ганеев А.Б., Чемерис Н.К.* Влияние электромагнитного излучения крайне высоких частот на иммунную систему и системная регуляция гомеостаза. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2002. — Т. 42; № 5. — С. 533-545.
82. *Лушников К.В., Ганеев А.Б., Шумилина Ю.В. и др.* Снижение интенсивности клеточного иммунного ответа и неспецифического воспаления при действии электромагнитного излучения крайне высоких частот. // Биофизика. — 2003. — Т. 48; Вып. 5. — С. 918-925.

83. *Лягинская А.М., Григорьев Ю.Г., Осипов В.А. и др.* Аутоиммунные процессы после пролонгированного воздействия электромагнитных полей малой интенсивности (результаты эксперимента) сообщение 5. Исследование влияния сыворотки облученных крыс электромагнитными полями малой интенсивности на течение беременности, развития плода и потомства. // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2010. — Т. 50; № 1. — С. 28-36.
84. *Марахова В.А., Хорсева Н.И.* Профилактическая деятельность по здоровьесбережению детей-пользователей мобильными устройствами в общеобразовательных учреждениях. // Актуальные проблемы социально-педагогической деятельности в контексте социальной безопасности в современном российском обществе. / Материалы Всероссийской научно-практической конференции. — Коломна: Государственный социально-гуманитарный университет, 2017. — с. 176-183.
85. *Марахова В.А., Хорсева Н.И.* Использование мобильных устройств в период образовательного процесса: новые реалии XXI века. // European Applied Sciences: challenges and solutions. — Stuttgart: ORT Publishing, 2015. — с. 121-125.
86. *Марахова В.А., Хорсева Н.И.* Родительская компетентность в области мобильной культуры детей как одна из ключевых проблем психолого-педагогической профилактики. // Проблемы современного педагогического образования. Сер.: Педагогика и психология. — Сб. статей: — Ялта: РИО ГПА, 2016. — Вып. 52. — Ч. 6. — С. 377-384.
87. *Марахова В.А., Хорсева Н.И.* Роль родителей как участников образовательного процесса в культуре пользования мобильными устройствами их детьми. // Современный взгляд на проблемы педагогики и психологии. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. — Уфа: Инновационный центр развития образования и науки, 2015. — Вып. II. — с. 107-110.
88. *Митчел К., Макри Д., Петерсон Н. и др.* Изучение воздействия микроволновой радиации на нервную систему (результаты реализации Советско-Американского исследовательского проекта). // Гигиена и санитария. — 1989. — № 10. — С. 70-73.
89. *Новоселова Е.Г., Огай В.Б., Синотова О.А. и др.* Влияние миллиметровых волн на иммунную систему мышей с экспериментальными опухолями. // Биофизика. — 2002. — Т. 47; Вып. 5. — С. 933-942.
90. *Онищенко Г.* Мобильники плохо влияют на мозг. // Общество России. — Электрон. Журн. — 2009, Февраль, 15-42. [Электронный

ресурс] URL: <https://www.rbc.ru/society/10/02/2009/5703d1eb9a79473dc814c4d8>

91. Письмо Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 27 июня 2008 г. № 01/6838-8-32 «О санитарно-эпидемиологическом надзоре за объектами — источниками неионизирующих излучений». // Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ. [Электронный ресурс] URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/4086917/>
92. *Плеханов Г.Ф.* Основные закономерности низкочастотной электромагнитобиологии. — Томск: Изд. Томского ун-та, 1990. — 186 с.
93. *Попов В.И., Рогачевский В.В., Ганеев А.Б и др.* Дегрануляция тучных клеток кожи под действием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты. // Биофизика. — 2001. — Т. 46; Вып. 6. — С. 1096-1102.
94. *Пресман А.С.* Электромагнитные поля и живая природа. — М.: Наука, 1968. — 288 с.
95. *Раевский Г.П.* Радиофизические принципы воздействия электромагнитных полей крайне высоких частот на живые организмы. — М.: Изд. МЭИ, 1997. — 76 с.
96. Резолюция ПАСЕ от 27 мая 2011 года № 1815 (2011) «Потенциальные опасности электромагнитных полей и их воздействие на окружающую среду». [Электронный ресурс.] URL: [https://www.coe.int/T/t/Parliamentary_Assembly/\[Russian_documents\]/%5B2011%5D/%5BKyiv2011%5D/Res1815_rus.asp](https://www.coe.int/T/t/Parliamentary_Assembly/[Russian_documents]/%5B2011%5D/%5BKyiv2011%5D/Res1815_rus.asp)
97. Рекомендации населению Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений по использованию сотовых телефонов // Ежегодник РНКЗНИ. — М.: ИПК РУДН, 2003. — С. 190-191.
98. *Родитат И.В.* Физиологические предпосылки к пониманию рецепции миллиметровых радиоволн биологическими объектами. / Репринт № 20 (438). — М.: ИРЭ АН СССР, 1985. — 31 с.
99. *Сазонов А.Ю.* Влияние КВЧ излучения на периферические нервные структуры и сублетальные состояния лабораторных животных: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. физ-мат. наук. (03.00.02). — Санкт-Петербург, 1998. — 18 с.
100. *Сазонов А.Ю., Замураев И.Н., Лукашин В.Г.* Исследование воздействия ЭМИ ММ-диапазона на кустиковидные рецепторы. // Миллиметровые волны в биологии и медицине. / Сб. докладов XX Российского симпозиума с междуна. участием. — М.: ИРЭ РАН СССР, 1995. — С. 105-107.

101. *Самойлов А.С., Григорьев Ю.Г.* Опухоли головного мозга и электромагнитные поля мобильных телефонов: радиобиологические критерии оценки опасности для населения. // Медицинская радиология и радиационная безопасность. — 2020. — Т. 65; № 1. — С. 22-26.
102. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи. — Введены 1 июня 2003 года.
103. *Сауля А., Кихай В.* Влияние миллиметровых электромагнитных волн на возбудимость периферических нервных окончаний // Миллиметровые волны в биологии и медицине. Сборник докладов 13 Российского Симпозиума с международным участием. — М.: ИРЭ РАН, 2003. — С. 100-102.
104. *Смородченко А.Т.* Реакция биоаминной системы лимфатических узлов на воздействие электромагнитного излучения крайне высокой частоты миллиметрового диапазона // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 1998. — Т. 126; № 12. — С. 634-636.
105. *Темурьянц Н.А., Туманянц К.Н., Туманянц Е.Н.* Современные представления о механизмах физиологического действия миллиметровых волн (обзор литературы). // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». — 2012. — Т. 25 (64); № 1. — С. 214-223.
106. *Темурьянц Н.А., Чуян Е.Н., Туманянц Е.Н. и др.* Зависимость антистрессорного действия ЭМИ миллиметрового диапазона от локализации воздействия у крыс с различными типологическими особенностями. // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1993. — № 2. — С. 51-58.
107. *Темурьянц Н.А., Чуян Э.Н.* Влияние микроволн нетепловой интенсивности на развитие гипокинетического стресса у крыс с различными индивидуальными особенностями. // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1992. — № 1. — С. 22-32.
108. *Трибрат Н.С., Чуян Е.Н.* Модуляция микроциркуляторных процессов с помощью низкоинтенсивного миллиметрового излучения (часть II). // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». — 2010. — Т. 23 (62); № 4. С. 207-215.
109. *Холодов Ю.А.* Влияние электромагнитного поля СВЧ на электрическую активность нейронально-изолированной полоски коры головного мозга. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 1964. — Т. 57; № 9. — С. 98-104.

110. *Холодов Ю.А.* Влияние электромагнитных и магнитных полей на центральную нервную систему. — М.: Наука, 1996. — 283 с.
111. *Холодов Ю.А.* Реакции нервной системы на ЭМП. — М.: Наука, 1975. — 208 с.
112. *Хорсева Н.И., Григорьев Ю.Г., Григорьев П.Е.* Оценка опасности ЭМП мобильных телефонов для детей и подростков. Итоги единственного в мире 14 — летнего психофизиологического исследования. // Актуальные вопросы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений: сборник докладов всероссийской научной конференции. — М.: РНКЗНИ, 2019. — С. 148-151.
113. *Хромова С.В., Холодов Ю.А.* Модификация условной рефлекторной деятельности крыс мм излучением при различной локализации воздействия // Применение КВЧ-излучения низкой интенсивности в биологии и медицине: всесоюзный семинар. — М.: ИРЭ АН СССР, 1989. — С. 48-51.
114. *Черкасова Ю.Б., Степанов Д.С., Воронцова З.А.* Экспериментальная оценка отдаленных пострадиационных эффектов на гормонообразование щитовидной железы // Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии: труды XIX международной конференции. — Гурзуф: Академия новых информационных технологий, 2011. — С. 202-204.
115. *Черняков Г.М., Корочкин В.Л., Бабенко А.П. и др.* Реакции биосистем различной сложности на воздействие КВЧ-излучения низкой интенсивности // Миллиметровые волны в медицине и биологии. — М.: ИРЭ АН СССР, 1989. — С. 140-167.
116. *Чиженкова Р.А.* Импульсные потоки популяций нейронов коры больших полушарий при СВЧ-облучении низкой интенсивности. // Биофизика. — 2003. — Т. 48.; № 3. — С. 538-545.
117. *Чуешова Н.В., Висмонт Ф.И.* Влияние длительного воздействия электромагнитного излучения частоты мобильного телефона на морфофункциональное состояние репродуктивной системы крыс-самцов и их потомства. // Доклады национальной академии наук Беларуси. — 2019. — Т. 63; № 2. — С. 198-206.
118. *Чуешова Н.В., Новиков Р.И., Козлов А.Е. и др.* Эффекты длительного воздействия электромагнитного излучения от мобильного телефона (1745 МГц) на организм крыс-самцов. // Актуальные вопросы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений: сборник докладов всероссийской научной конференции. — М.: РНКЗНИ, 2019. — С. 41-43.

119. Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения. — Симферополь: ДИАЙПИ, 2006. — 458 с.
120. Чуян Е.Н., Трибрат Н.С., Ананченко М.Н. и др. Механизмы действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения на тканевую микрогемодинамику. — Симферополь: ДИАЙПИ, 2011. — 325 с.
121. Шандала М.Г., Виноградов Г.И. Аутоаллергические эффекты воздействия электромагнитной энергии СВЧ-диапазона и их влияние на плод и потомство. // Вестник Академии медицинских наук СССР. — 1982. — № 10. — С. 13-16.
122. Шандала М.Г., Виноградов Г.И., Руднев М.И. и др. Влияние микроволнового излучения на некоторые показатели клеточного иммунитета в условиях хронического воздействия. // Радиобиология. — 1983. — Т. 23; Вып. 4. — С. 544-546.
123. Шандала М.Г., Виноградов Г.И., Руднев М.И. и др. Неионизирующая микроволновая радиация как индуктор аутоаллергических процессов. // Гигиена и санитария. — 1985. — № 8. — С. 32-35.
124. Штенберг А.С., Узбеков М.Г., Шихов С.Н. и др. Видовые, возрастные особенности и некоторые нейрохимические корреляты спонтанного поведения животных после воздействия электромагнитных полей сверхнизкой интенсивности. // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. — 2000. — Т. 50; № 4. — С. 703-715.
125. Эйди У.Р. Частотные и энергетические окна при воздействии слабых электромагнитных полей на живую ткань. // Труды института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике. — 1980. — Т. 68; № 1. — С. 140-148.
126. 2020 Consensus Statement of UK and International Medical and Scientific Experts and Practitioners on Health Effects of Non-Ionizing Radiation (NIR). // INEWS, 10 November, 2020. [Электронный ресурс] URL: <https://www.icyenews.com/2020-consensus-statement-of-uk-and-international-medical-and-scientific-experts-and-practitioners-on-health-effects-of-non-ionising-radiation-nir/>
127. Adams J.A., Galloway T.S., Mondal D. et al. Effect of mobile telephones on sperm quality: A systematic review and meta-analysis. // Environment International. — 2014. — V. 70. — P. 106-112.
128. Adda S., Aureli T., D'elia S. et al. A Theoretical and Experimental Investigation on the Measurement of the Electromagnetic Field Level Radiated by 5G Base Stations. // IEEE Access. — 2020. — V. 8. — P. 101448-101463.

129. *Adey W.R.* Physiological Signalling Across Cell Membranes and Co-operative Influences of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields. // Fröhlich H. Biological Coherence and Response to External Stimuli. — Berlin, Heidelberg: Springer, 1988. — P. 148-170.
130. *Agarwal A., Deepinder F., Sharma R.K. et al.* Effect of Cell Phone Usage on Semen Analysis in Men Attending a Infertility Clinic: an Observational Study. // *Fertil Steril.* — 2008. — V. 89 (1). — P. 124-128.
131. *Agarwal A., Desai N.R., Makker K. et al.* Effects of Radiofrequency Electromagnetic Waves (RF-EMW) from Cellular Phones on Human Ejaculated Semen: an in vitro Pilot Study. // *Fertil Steril.* — 2009. — V. 92 (4). — P. 1318-1325.
132. *Agarwal A., Singh A., Hamada A. et al.* Cell Phones and Male Infertility: A Review of Recent Innovations in Technology and Consequences. // *Int. Braz J. Urol.* — 2011. — V. 37 (4). — P. 432-454.
133. *Ahn H.S., Kim H.J., Welch H.G.* Korea's Thyroid-Cancer "Epidemic" — Screening and Overdiagnosis. // *New Engl J. Med.* — 2014. — V. 371 (19). — P. 1765-1767.
134. *Akdag M.Z., Dasdag S., Canturk F. et al.* Does prolonged radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi devices induce DNA damage in various tissues of rats? // *J. Chem Neuroanat.* — 2016. — V. 75, Part B. — P. 116-122.
135. *Al-Bayyari N.* The effect of cell phone usage on semen quality and fertility among Jordanian males. // *Middle East Fertility Society Journal.* — 2017. — V. 22 (3). — P. 178-182.
136. *Alekseev S., Gordiienko O., Radzievsky A. et al.* Millimeter wave effects on electrical responses of the sural nerve in vivo // *Bioelectromagnetics.* — 2010. — Vol. 31 (3). — P. 180-190.
137. *Alekseev S.I., Ziskin M.C.* Influence of blood flow and millimeter wave exposure on skin temperature in different thermal models. // *Bioelectromagnetics.* — 2009. — V. 30(1). — P. 52-58.
138. *Al-Quzwini O.F., Al-Tae H.A., Al-Shaikh S.F.* Male fertility and its association with occupational and mobile phone towers hazards: An analytic study. // *J. Middle East Fertility Society.* — 2016. — V. 21 (4). — P. 236-240.
139. *Altun G., Deniz Ö.G., Yurt K.K. et al.* Effects of mobile phone exposure on metabolomics in the male and female reproductive systems. // *Environ Res.* — 2018. — V. 167. — P. 700-707.
140. American Academy of Pediatrics: Protect Children from Cell Phone & Wireless Radiation. // *Electromagnetic Radiation Safety*, September 12, 2013. [Электронный ресурс] URL: <https://www.saferemr.com/2013/09/american-academy-of-pediatrics-demands.html>

141. *Ammari M., Gamez C., Lecomte et al.* GFAP expression in the rat brain following sub-chronic exposure to a 900 MHz electromagnetic field signal. // *Int J Radiat Biol.* — 2010. — V. 86 (5). — P. 367-375.
142. An Open Message to ICNIRP's Eric van Rongen and Rodney Croft. // BRHP, October 6, 2020. [Электронный ресурс] URL: <https://betweenrockandhardplace.wordpress.com/2020/10/06/an-open-message-to-icnirps-eric-van-rongen-and-rodney-croft/>
143. An Open Message to ICNIRP's Eric van Rongen and Rodney Croft. Part 2. // BRHP, October 6, 2020. [Электронный ресурс] URL: <https://betweenrockandhardplace.wordpress.com/2020/10/15/part-2-of-an-open-message-to-icnirps-eric-van-rongen-and-rodney-croft/>
144. Annual report number: 2010:44. Recent Research on EMF and Health Risk — Seventh annual report from SSM's Independent Expert Group on Electromagnetic Fields, 2010. — 60 p.
145. *Asl J.F., Larijani B., Zakerkish M. et al.* The possible global hazard of cell phone radiation on thyroid cells and hormones: a systematic review of evidences. // *Environ Sci Pollut Res Int.* — 2019. — V 26 (18). — P. 18017-18031.
146. *Aslan A., İkinci A., Baş O. et al.* Long-term exposure to a continuous 900 MHz electromagnetic field disrupts cerebellar morphology in young adult male rats. // *Biotech Histochem.* — 2017. — V. 92 (5). — P. 324-330.
147. *Auvinen A., Hietanen M., Luukkonen R. et al.* Brain tumors and salivary gland cancers among cellular telephone users // *Epidemiology.* — 2002. — V. 13 (3). — P. 356-359.
148. *Avendano C., Mata A., Sanchez Sarmiento C.A. et al.* Use of laptop computers connected to internet through Wi-Fi decreases human sperm motility and increases sperm DNA fragmentation. // *Fertile Steril.* — 2012. — V. 97 (1). — P. 39-45.e2.
149. *Baan R., Grosse Y., Lauby-Secretan B. et al.* Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. // *Lancet Oncology.* — 2011. — V. 12 (7). — P. 624-626.
150. *Baby N.M., Koshy G., Mathew A.* The effect of electromagnetic radiation due to mobile phone use on thyroid function in medical students studying in a medical college in South India. // *Indian J Endocrinol Metab.* — 2017. — V. 21 (6). — P. 797-802.
151. *Bandara P., Chandler T., Kelly R. et al.* 5G Wireless Deployment and Health Risks: Time for a Medical Discussion in Australia and New Zealand. // *ACNEM J.* — 2020. — V. 39 (1). — P. 17-25.

152. *Belyaev I.* Main Regularities and Health Risks from Exposure to Non-Thermal Microwaves of Mobile Communication. // 2019 14th International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications (TELSIKS), Nis, Serbia IEEE. 2019. — P. 111-116.
153. *Belyaev I.Y., Alipov Y.D., Scheglov V.S. et al.* Resonance effect of microwaves on the genome conformational state of *E. coli* cells. // *Z Naturforsch C J Biosci.* — 1992. — V. 47 (7-8). — P. 621-627.
154. *Belyaev I.Y., Scheglov V.S., Alipov Y.D. et al.* Non-thermal effects of extremely high-frequency microwaves on chromatin conformation in cells in vitro - dependence on physical, physiological, and genetic factors. // *IEEE Trans Microw Theory Tech.* — 2000. — V. 48 (11). — P. 2172-2179.
155. *Belyaev I.Y., Shcheglov V.S., Alipov Y.D. et al.* Regularities of separate and combined effects of circularly polarized millimeter waves on *E. coli* cells at different phases of culture growth. // *Bioelectrochem Bioenerg.* — 1993. — V. 31 (1). — P. 49-63.
156. *Belyaev I.Y., Shcheglov V.S., Alipov Y.D. et al.* Resonance effect of millimeter waves in the power range from 10^{-19} to 3×10^{-3} W/cm² on *Escherichia coli* cells at different concentrations. // *Bioelectromagnetics.* — 1996. — V. 17 (4). — P. 312-321.
157. *Belyaev S.Y., Kravchenko V.G.* Resonance effect of low-intensity millimeter waves on the chromatin conformational state of rat thymocytes. // *Z Naturforsch C J Biosci.* — 1994. — V. 49 (5-6). — P. 352-358.
158. *Bergamaschi A., Magrini A., Ales G. et al.* Are thyroid dysfunctions related to stress or microwave exposure (900 MHz)? // *Int J Immunopathol Pharmacol.* — 2004. — V. 17 (2). — P. 31-36.
159. *Betzalel N., Ben Ishai P., Feldman Y.* The human skin as a sub-THz receiver — Does 5G pose a danger to it or not? // *Environ Res.* — 2018. — V. 163. — P. 208-216.
160. *Bjarnason J.E., Chan T.L.J., Lee A.W.M. et al.* Millimeter-wave, terahertz, and mid-infrared transmission through common clothing. // *Applied Physics Letters.* — 2004. — V. 85 (4). — P. 519-521.
161. *Boileau N., Margueritte F., Gauthier T. et al.* Mobile phone use during pregnancy: Which association with fetal growth? // *J Gynecol Obstet Hum Reprod.* — 2020. — V. 49 (8). — Article 101852.
162. *Bushberg J.T., Chou C.K., Foster K.R. et al.* IEEE Committee on Man and Radiation—COMAR Technical Information Statement: Health and Safety Issues Concerning Exposure of the General Public to Electromagnetic Energy from 5G Wireless Communications Networks. // *Health Physics.* — 2020. — V. 119 (2). — P. 236-246.

163. *Carlberg M., Hedendahl L., Ahonen M. et al.* Increasing incidence of thyroid cancer in the Nordic countries with main focus on Swedish data. // *BMC Cancer*. — 2016. — V. 16. — P. 246-252.
164. *Çetkin M., Kizilkan N., Demirel C. et al.* Quantitative changes in testicular structure and function in rat exposed to mobile phone radiation. // *Andrologia*. — 2017. — V. 49 (10). [Электронный ресурс] URL: <http://bit.ly/2jIxyh>
165. *Chalfin S., D'Andrea J.A., Comeau P.D. et al.* Millimeter wave absorption in the nonhuman primate eye at 35 GHz and 94 GHz. // *Health Phys.* — 2000. — V. 83 (1). — P. 83-90.
166. *Chavdoula E.D., Panagopoulos D.J., Margaritis L.H.* Comparison of biological effects between continuous and intermittent exposure to GSM-900-MHz mobile phone radiation: Detection of apoptotic cell-death features. // *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen.* — 2010. — V. 700 (1-2). — P. 51-61.
167. *Choi Y.J., Moskowitz J.M., Myung S.K. et al.* Cellular Phone Use and Risk of Tumors: Systematic Review and Meta-Analysis. // *Int J Environ Res Public Health*. — 2020. — V. 17 (21). — Article 8079. [Электронный ресурс] URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph17218079>
168. *Crichton D.* Ultra-fast 5G wireless service declared national security priority by White House. [Электронный ресурс] URL: <https://techcrunch.com/2017/12/19/ultra-fast-5g-wireless-service-declared-national-security-priority-by-white-house>
169. *Dardalhon M., Averbeck D., Berteaud A.J.* Determination of a thermal equivalent of millimeter microwaves in living cells. // *J Microw Power.* — 1979. — V. 14 (4). — P. 307-312.
170. *Dardalhon M., Averbeck D., Berteaud A.J.* Studies on possible genetic effects of microwaves in prokaryotic and eukaryotic cells. // *Radiat Environ Biophys.* — 1981. — V. 20 (1). — P. 37-51.
171. *Dasdag S., Akdag M.Z., Erdal M.E. et al.* Long term and excessive use of 900 MHz radiofrequency radiation alter microRNA expression in brain. // *Int J Radiat Biol.* — 2015. — V. 91 (4). — P. 306-311.
172. *Deshmukh P.S., Megha K., Nasare N. et al.* Effect of Low Level Subchronic Microwave Radiation on Rat Brain. // *Biomed Environ Sci.* — 2016. — V. 29 (12). — P. 858-867.
173. Détails des nouvelles mesures visant à protéger les enfants des ondes GSM. // *Belga News*, 25 février, 2013. [Электронный ресурс] URL: https://www.rtbf.be/info/belgique/detail_gsm-potentiellement-cancerigene-les-jeunes-vont-etre-mieux-proteges?id=7934895

174. *Di Chaula A.* Towards 5G communication systems: are there health implications? // *Int J Hyg Environ Health.* — 2018. — V. 221 (3). — P. 367-375.
175. *Divan H.A., Kheifets L., Obel C. et al.* Cell phone use and behavioral problems in young children. // *J Epidemiol Community Health.* — 2012. — V. 66 (6). — P. 524-529.
176. *Divan H.A., Kheifets L., Obel C. et al.* Prenatal and postnatal exposure to cell phone use and behavioral problems in children. // *Epidemiology.* — 2008. — V. 19 (4). — P. 523-529.
177. *Djeridane Y., Touitou Y., de Seze R.* Influence of electromagnetic fields emitted by GSM-900 cellular telephones on the circadian patterns of gonadal, adrenal and pituitary hormones in men. // *Radiat Res.* — 2008. — V. 169 (3). — P. 337-343.
178. *Douglas M.G., Pfeifer S., Kuehn S. et al.* Solutions for EM exposure assessment of 5G wireless devices. / 2018 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility and 2018 IEEE Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC/APEMC). // *IEEE,* 2018. — P. 92-94.
179. *Eberhardt J.L., Persson B.R., Brun A.E. et al.* Blood-brain barrier permeability and nerve cell damage in the rat brain 14 and 28 days after exposure to microwaves from GSM mobile phones. // *Electromagn Biol Med.* — 2008. — V. 27 (3). — P. 215-229.
180. *El-Gohary O.A., Said M.A.* Effect of electromagnetic waves from mobile phone on immune status of male rats: possible protective role of vitamin D. // *Can J Physiol Pharmacol.* — 2017. — V. 95 (2). — P. 151-156.
181. *Eşmekaya M.A., Seyhan N., Ömeroğlu S.* Pulse modulated 900 MHz radiation induces hypothyroidism and apoptosis in thyroid cells: A light, electron microscopy and immunohistochemical study. // *Int J Radiat Biol.* — 2010. — V. 86 (12). — P. 1106-1116.
182. *Falcioni L., Bua L., Tibaldi E. et al.* Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1,8 GHz GSM base station environmental emission. // *Environ Res.* — 2018. — № 165. — P. 496-503.
183. *Fatehi D., Anjomshoa M., Mohammadi M. et al.* Biological effects of cell-phone radiofrequency waves exposure on fertilization in mice; an in vivo and in vitro study. // *Middle East Fertility Society Journal.* — 2018. — V. 23 (2). — P. 148-153.
184. *Foster K.R.* 5G is Coming: How Worried Should We Be about the Health Risks? So far, at least, there's little evidence of danger. // *Scientific Amer-*

- ican. / Free Editorial News letters, September 16, 2019. [Электронный ресурс] URL: <https://blogs.scientificamerican.com/observations/5g-is-coming-how-worried-should-we-be-about-the-health-risks/>
185. *Foster K.R., Ziskin M.C., Balzano Q.* Thermal response of human skin to microwave energy: a critical review. // *Health Phys.* — 2016. — V. 111 (6). — P. 528-541.
 186. *Frey A.H.* Auditory system response to radiofrequency energy. // *Aerosp Med.* — 1961. — V. 32 (3). — P. 1140-1142.
 187. *Frohlich H.* The biological effects of microwaves and related questions. // *Adv Electronics Electron Phys.* — 1980. — V. 53. — P. 85-152.
 188. *Gandhi O.P.* Microwave Emissions From Cell Phones Exceed Safety Limits in Europe and the US When Touching the Body. // *IEEE Access.* — 2019. — V. 7. — P. 47050-47052.
 189. *Gandhi O.P., Lazzi G., Furse C.M.* Electromagnetic Absorption in the Human Head and Neck for Mobile Telephones at 835 and 1900 MHz. // *IEEE Trans Microw Theory Tech.* — 1996. — V. 44 (10). — P. 1884-1897.
 190. *Gandhi O.P., Riazi A.* Absorption of Millimeter Waves by Human Beings and Its Biological Implications. // *IEEE Trans Microw Theory Tech.* — 1986. — V. 34 (2). — P. 228-235.
 191. *Gapeyev A., Aripovsky V., Kulagina T.* Modifying effects of low-intensity extremely high-frequency electromagnetic radiation on content and composition of fatty acids in thymus of mice exposed to X-rays. // *Int J Radiat Biol.* — 2015. — V. 91 (3). — P. 277-285.
 192. *Gapeyev A.B., Aripovsky A.V., Kulagina T.P.* Fatty acid content and tumor growth changes in mice after exposure to extremely high-frequency electromagnetic radiation and consumption of N-3 fatty acids. // *Nutr Cancer.* — 2019. — V. 71 (8). — P. 1325-1334.
 193. *Gapeyev A.B., Chemeris N.K.* Nonlinear processes of intracellular calcium signaling as a target for the influence of extremely low-frequency fields. // *Electro- and Magnetobiology.* — 2000. — V. 19 (1). — P. 21-42.
 194. *Gapeyev A.B., Kulagina T.P., Aripovsky A.V. et al.* The role of fatty acids in anti-inflammatory effects of low-intensity extremely high-frequency electromagnetic radiation. // *Bioelectromagnetics.* — 2011. — V. 32 (5). — P. 388-395.
 195. *Gapeyev A.B., Mikhailik E.N., Chemeris N.K.* Anti-inflammatory effects of low-intensity extremely high-frequency electromagnetic radiation: frequency and power dependence. // *Bioelectromagnetics.* — 2008. — V. 29 (3). — P. 197-206.

196. *Gapeyev A.B., Mikhailik E.N., Chemeris N.K.* Features of anti-inflammatory effects of modulated extremely high-frequency electromagnetic radiation. // *Bioelectromagnetics*. — 2009. — V. 30 (6). — P. 454-461.
197. *Gapeyev A.B., Safronova V.G., Chemeris N.K. et al.* Inhibition of the production of reactive oxygen species in mouse peritoneal neutrophils by millimeter wave radiation in the near and far field zones of the radiator. // *Bioelectrochem Bioenerg*. — 1997. — V. 43 (2). — P. 217-220.
198. *Gapeyev A.B., Sokolov P.A., Chemeris N.K.* Response of membrane-associated calcium signaling systems of the cell to extremely low-frequency external signals with different waveform parameters. // *Electro- and Magnetobiology*. — 2001. — V. 20 (1). — P. 107-122.
199. *Gapeyev A.B., Yakushina V.S., Chemeris N.K. et al.* Modification of production of reactive oxygen species in mouse peritoneal neutrophils on exposure to low-intensity modulated millimeter wave radiation. // *Bioelectrochem Bioenerg*. — 1998. — V. 46 (2). — P. 267-272.
200. *Gatesman A., Danylov A., Goyette T.M. et al.* Terahertz behavior of optical components and common materials. // *Proceedings of SPIE*. — 2006. — Article 6212. [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/228718575_Terahertz_Behavior_of_Optical_Components_and_Common_Materials
201. *Geletyuk V.I., Kazachenko V.N., Chemeris N.K. et al.* Dual effects of microwaves on single Ca(2+)- activated K⁺ channels in cultured kidney cells Vero. // *FEBS Lett*. — 1995. — V. 359 (1). — P. 85-88.
202. *Ghandhi O.P., Kang G.* Some present problems and a proposed experimental phantom for SAR compliance testing of cellular telephones at 835 and 1900 MHz. // *Phys Med Biol*. — 2002. — V. 47 (9). — P. 1501-1518.
203. *Grigoriev Y., Grigoriev O., Merkulov A.* Mobile radio communication base stations and safety of the population: general situation in Russia. // WHO Workshop on Base Stations And Wireless Networks. Geneva. June 15-17, 2005. [Электронный ресурс] URL: https://www.who.int/peh-emf/meetings/archive/grigoriev_bsw.pdf?ua=1
204. *Grigoriev Y.G.* Chapter 9. Radiobiological Arguments for Assessing the Electromagnetic Hazard to Public Health for the Beginning of the Twenty-First Century: The Opinion of the Russian Scientist. // *Markov M. Mobile Communications and Public Health*. — N.W., Boca Raton, FL: CRC Press, 2018. — P. 223-236.
205. *Grigoriev Y.G.* Chapter 15. Methodology of Standards Development for EMF RF in Russia and by International Commissions: Distinctions in

- Approaches. / M. Markov. Dosimetry in Bioelectromagnetics. — N.W., Boca Raton, FL: CRC Press, 2017. — P 316-330.
206. *Grigoriev Y.G.* Comments from the Russian Group on Repacholi et al. «An International project to Confirm Soviet Era Results on Immunological and Teratological Effects of RF Field Exposure in Wistar Rats and Comments on Grigoriev et al. [2010]». // *Bioelectromagnetics*. — 2011. — V. 32(4). — P. 331-332.
207. *Grigoriev Y.G.* Evidence for Effects on the Immune System Supplement 2012. Immune System and EMF RF. / BioInitiative Working Group. — 2012. [Электронный ресурс] URL: https://bioinitiative.org/wp-content/uploads/pdfs/sec08_2012_Evidence_%20Effects_%20Immune_System.pdf
208. *Grigoriev Y.G.* Four indisputable postulate/truth to the risk assessment of mobile communications for public health (our opinion). / SANCO EMF Workshop, Brussels, 20.02 2013.
209. *Grigoriev Y.G.* Mobile Communication and Electromagnetic Chaos in the Assessment of Population Health Hazards. Who is Responsible? // *Radiation biology. Radioecology*. — 2018. — V. 58 (6). — P. 633-645.
210. *Grigoriev Y.G.* Mobile phones and children: is precaution warranted? // *Bioelectromagnetics*. — 2004. — V. 25 (5). — P. 322-323.
211. *Grigoriev Y.G.* Mobile telecommunication: radiobiological issues and risk assessment. // *Proceedings of the Latvian Academy of sciences. Section B*. — 2006. — V. 60 (1). — P. 6-10.
212. *Grigoriev Y.G., Grigoriev O.A., Ivanov A.A. et al.* Confirmation studies of Soviet research on immunological effects of microwaves: Russian immunology results. // *Bioelectromagnetics*. — 2010. — V 31 (8). — P. 589-602.
213. *Grigoriev Y.G., Khorseva N.I.* Chapter 10. A Longitudinal Study of Psychophysiological Indicators in Pupils Users of Mobile Communications in Russia (2006-2017): Children Are in the Group of Risk. // *Markov M. Mobile Communications and Public Health*. — N.W., Boca Raton, FL: CRC Press, 2018. — P 237-253.
214. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. // *Health Phys*. — 1998. — V. 74 (4). — P. 494-522.
215. *Hardell L.* World Health Organization, radiofrequency radiation and health — a hard nut to crack (Review). // *Int J Oncol*. — 2017. — V. 51 (2). — P. 405-413.

216. *Hardell L., Carlberg M.* [Comment] Health risks from radiofrequency radiation, including 5G, should be assessed by experts with no conflicts of interest. // *Oncol lett.* — 2020. — V. 20 (4). — Article 15.
217. *Hardell L., Carlberg M.* Comments on the US National Toxicology Program technical reports on toxicology and carcinogenesis study in rats exposed to whole-body radiofrequency radiation at 900 MHz and in mice exposed to whole-body radiofrequency radiation at 1,900 MHz. // *Int J Oncology.* — 2019. — V. 54 (1). — P. 111-127.
218. *Hardell L., Carlberg M.* Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma — Analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997-2003 and 2007-2009. // *Pathophysiology.* — 2015. — V. 22 (1). — P. 1-13.
219. *Hardell L., Carlberg M., Koppel T. et al.* Central nervous system lymphoma and radiofrequency radiation — A case report and incidence data in the Swedish Cancer Register on non-Hodgkin lymphoma. // *Med Hypotheses.* — 2020. — V. 144. — Article 110052.
220. *Hardell L., Carlberg M., Söderqvist F. et al.* Pooled analysis of case-control studies on acoustic neuroma diagnosed 1997-2003 and 2007-2009 and use of mobile and cordless phones. // *Int J Oncol.* 2013. — V. 43 (4). — P. 1036-1044.
221. *Hardell L., Hallquist A., Mild K.H. et al.* Cellular and cordless telephones and the risk for brain tumors. // *Eur J Cancer Prev.* — 2002. — V. 11 (4). — P. 377-386.
222. *Hardell L., Mild K.H., Pahlson A. et al.* Ionizing radiation, cellular telephones and the risk for brain tumours. // *Eur J Cancer Prev.* — 2001. — V. 10 (6). — P. 523-529.
223. *Hardell L., Nyberg R.* [Comment] Appeals that matter or not on a moratorium on the deployment of the fifth generation, 5G, for microwave radiation. // *Mol Clin Oncol.* — 2020. — V. 12 (3). — P. 247-257.
224. Healthy environments for children: WHO backgrounder №3, April 2003. [Электронный ресурс] URL: <https://www.who.int/world-health-day/previous/2003/backgrounder/en/>
225. *Hong S., Huang H., Yang M. et al.* Enriched Environment Decreases Cognitive Impairment in Elderly Rats With Prenatal Mobile Phone Exposure. // *Front Aging Neurosci.* — 2020. — V. 12. — P. 162-170.
226. *Houston B.J., Nixon B., King B.V. et al.* Probing the Origins of 1,800 MHz Radio Frequency Electromagnetic Radiation Induced Damage in Mouse Immortalized Germ Cells and Spermatozoa in vitro. // *Front Public Health*, 21 September 2018. [Электронный ресурс] URL: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00270>

227. *Houston B.J., Nixon B., King B.V. et al.* The effect of radiofrequency electromagnetic radiation on sperm function. // *Reproduction*. — 2016. — V. 152 (6). — P. 263-276.
228. IARC Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields as Possibly Carcinogenic to Humans // PRESS RELEASE № 208, 31 May 2011. [Электронный ресурс] URL: https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr208_E.pdf
229. ICNIRP. Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz). // *Health Physics*. — 2020. — V. 118 (5). — P. 483-524.
230. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). // *Health Phys.* — 1998. — V. 74 (4). — P. 494-522.
231. ICNIRP. ICNIRP statement on the «Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)». // *Health Phys.* — 2009. — V. 97 (3). — P. 257-258.
232. IEEE C95.1-2019/Cor 2-2020 — IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz — Corrigenda 2. // IEEE. [Электронный ресурс] URL: https://standards.ieee.org/standard/C95_1-2019-Cor2-2020.html
233. *Inskip P.D., Tarone R.E., Hatch E.E. et al.* Cellular-telephone use and brain tumors // *N Engl J Med*. — 2001. — V. 344(2). — P. 79-86.
234. International appeal: scientists call for protection from non-ionizing electromagnetic field exposure. // *European Journal of Oncology*. — 2015. — V. 20 (3/4). — P. 180-182.
235. *Inyang I., Benke G., Dimitriadis C. et al.* Predictors of mobile telephone use and exposure analysis in Australian adolescents. // *J Paediatr Child Health*. — 2010. — Vol. 46 (5). — P. 226-233.
236. *Inyang I., Benke G., McKenzie R. et al.* A new method to determine laterality of mobile telephone use in adolescents. // *Occup Environ Med*. — 2010. — V. 67 (8). — P. 507-512.
237. *Jaffar F.H.F., Osman K., Ismail N. et al.* Adverse effects of Wi-Fi radiation on the male reproductive system: a systematic review. // *Tohoku J Exp Med*. — 2019. — V. 248 (3). — P. 169-179.
238. *Jamieson I.* Electromagnetic hypersensitivity // European Economic and Social Committee. Brussels, Belgium, November, 4, 2014. [Электронный ресурс] URL: <https://www.eesc.europa.eu/resources/docs/dr-jamieson---revised-presentation.pdf>
239. *Jamshed M.A., Heliot F., Brown T.* A Survey on Electromagnetic Risk Assessment and Evaluation Mechanism for Future Wireless Communica-

- tion Systems. // IEEE Journal of Electromagnetics, RF and Microwaves in Medicine and Biology. — 2020. — V. 4 (1). — P. 24-36.
240. *Johansen C., Boice Jr J., McLaughlin J. et al.* Cellular telephones and cancer — a nationwide cohort study in Denmark. // J Natl Cancer Inst. — 2001. — V. 93 (3). — P. 203-207.
241. *Kamali K., Atarod M., Sarhadi S. et al.* Effects of electromagnetic waves emitted from 3G+wi-fi modems on human semen analysis. // Urologia. — 2017. — V. 84 (4). — P. 209-214.
242. *Kane R.C.* Cellular Telephone Russian roulette. A Historical and Scientific Perspective// Vantage Pr. — 2001. — 235 p.
243. *Keller H.* On the Assessment of Human Exposure to Electromagnetic Fields Transmitted by 5G NR Base Stations. // Health Phys. — 2019. — V. 117 (5). — P. 541-545.
244. *Kerimoğlu G., Hanci H., Baş O. et al.* Pernicious effects of long-term, continuous 900-MHz electromagnetic field throughout adolescence on hippocampus morphology, biochemistry and pyramidal neuron numbers in 60-day-old Sprague Dawley male rats. // J Chem Neuroanat. — 2016. — V. 77. — P. 169-175.
245. *Kesari K.K., Agarwal A., Henkel R.* Radiations and male fertility. // Reprod Biol Endocrinol. — 2018. — V. 16 (1). — P. 118-124.
246. *Kesari K.K., Behari J.* Fifty-gigahertz microwave exposure effect of radiations on rat brain. // Appl Biochem Biotchnol. — 2009. — V. 158 (1). — P. 126-139.
247. *Kim J.H., Yu D.H., Huh Y.H. et al.* Long-term exposure to 835 MHz RF-EMF induces hyperactivity, autophagy and demyelination in the cortical neurons of mice. // Sci Rep. — 2017. — V. 7. — P. 41129-41133.
248. *Kim J.H., Yu D.H., Kim H.R.* Activation of autophagy at cerebral cortex and apoptosis at brainstem are differential responses to 835 MHz RF-EMF exposure. // Korean J Physiol Pharmacol. — 2017. — V. 21 (2). — P. 179-188.
249. *Kim S., Nasim I.* Human Electromagnetic Field Exposure in 5G at 28 GHz. // IEEE Consum Electron Mag. — 2020. — V. 9 (6). — P. 41-48.
250. *Kojima M., Hanazawa M., Yamashiro Y. et al.* Acute ocular injuries caused by 60-GHz millimeter-wave exposure. // Health Phys. — 2009. — V. 97 (3). — P. 212-218.
251. *Kostoff R.N., Heroux P., Ashner M. et al.* Adverse health effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions. // Toxicology Letters. — 2020. — V. 323. — P. 35-40.

252. *Lai H., Horita A., Guy A.W.* Microwave Irradiation Affects Radial-Arm Maze Performance in the Rat. // *Bioelectromagnetics*. — 1994. — V. 15 (2). — P. 95-104.
253. *Lai H., Singh N.P.* Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-Strand breaks in rat brain cells. // *Bioelectromagnetics*. — 1995. — V. 16 (3). — P. 207-210.
254. *Lai H., Singh N.P.* Melatonin and a spin-trap compound block radiofrequency electromagnetic radiation-induced DNA strand breaks in rat brain cells. // *Bioelectromagnetics*. — 1997. — V. 18 (6). — P. 446-454.
255. *Le Dréan Y., Mahamoud Y.S., Le Page Y. et al.* State of knowledge of biological effects at 40-60 GHz. // *Comptes Rendus Physique*. — 2013. — V. 14 (5). — P. 402-411.
256. *Leszczynski D.* Physiological effects of millimeter-waves on skin and skin cells: an overview of the to-date published studies. // *Rev Environ Health*. — 2020. [Электронный ресурс] URL: <https://doi.org/10.1515/reveh-2020-0056>
257. *Lim H., Devesa S.S., Sosa J.A. et al.* Trends in Thyroid Cancer Incidence and Mortality in the United States, 1974-2013. // *JAMA*. — 2017. — V. 317 (13). — P. 1338-1348.
258. *Lin J.C.* Telecommunications health and safety: US FCC affirms its current safety limits for RF radiation and 5G wireless. // *Radio Science Bulletin*. — 2019. — V. 371. — P. 87-89.
259. *Liu K., Li Y., Zhang G. et al.* Association between mobile phone use and semen quality: a systemic review and meta-analysis. // *Andrology*. — 2014. — V. 2 (4). — P. 491-501.
260. *Lu M., Wu X.Y.* Study of specific absorption rate (SAR) induced in human endocrine glands for using mobile phones. // *Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC)*, Shenzhen, 2016. — IEEE, 2016. — P. 1084-1086.
261. *Luo J., Deziel N.C., Huang H. et al.* Cell phone use and risk of thyroid cancer: a population-based case-control study in Connecticut. // *Ann Epidemiol*. — 2018. — V. 29. — P. 39-45.
262. *Lushnikov K.V., Shumilina J.V., Yakushev E.Y. et al.* Comparative study of anti-inflammatory effects of low-intensity extremely high-frequency electromagnetic radiation and diclofenac on footpad edema in mice. // *Electromagn Biol Med*. — 2005. — V. 24 (2). — P. 143-157.
263. *Mandl P., Pezzei P., Leitgeb E.* Selected Health and Law Issues Regarding Mobile Communications with Respect to 5G. // *International Conference*

- on Broadband Communications for Next Generation Networks and Multimedia Applications (CoBCom), 2018. — IEEE, 2018. [Электронный ресурс] URL: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/8423924/proceeding>
264. *Marakhova V.A., Brimova L.A., Khorseva N.I. et al.* Problemi sfaccettati di utilizzo gadget elettronici e informatici avanzati bambini. // Italian Science Review. — 2016. — V. 1 (34). — P. 6-10.
 265. *Markov M.* Electromagnetic Fields in Biosphere: Benefit and hazard. // Medical radiology and radiation safety. — 2018. — V. 63 (4). — P. 65-75.
 266. *Markov M.* Mobile communications and public health. — N.W., Boca Raton, FL: CRC Press, 2019. — 264 p.
 267. *Markov M., Grigoriev Y.* Protect children from EMF. // Electromagn Biol Med. — 2015. — V. 34 (3). — P. 251-256.
 268. *Markov M., Grigoriev Y.G.* Wi-Fi technology — an uncontrolled global experiment on the health of mankind. // Electromagn Biol Med. — 2013. — V. 32 (2). — P. 200-208.
 269. *Maskey D., Kim M., Aryal B. et al.* Effect of 835 MHz radiofrequency radiation exposure on calcium binding proteins in the hippocampus of the mouse brain. // Brain Res. — 2010. — V. 1313. — P. 232-241.
 270. *Maskey D., Pradhan J., Aryal B. et al.* Chronic 835 MHz radiofrequency exposure to mice hippocampus alters the distribution of calbindin and GFAP immunoreactivity. // Brain Res. — 2010. — V. 1346. — P. 237-246.
 271. *Michaels D.* The Triumph of Doubt: Dark Money and the Science of Deception. — N.Y.: Oxford University Press, 2020. — 344 p.
 272. *Mortavazi S., Habib A., Ganj-Karami A. et al.* Alterations in TSH and thyroid hormones following mobile phone use. // Oman Med J. — 2009. — V. 24 (4). — P. 74-78.
 273. *Moskowitz J.M.* 5G Wireless Technology: Millimeter Wave Health Effects // Electromagnetic Radiation Safety, 2017. [Электронный ресурс] URL: <https://www.emfacts.com/2017/08/5g-wireless-technology-millimeter-wave-health-effects/>
 274. *Muscat J.E., Malkin M.G., Thompson S. et al.* Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer // JAMA. — 2000. — V. 284 (23). — P. 3001-3007.
 275. *Nakatani-Enomoto S., Okutsu M., Suzuki S. et al.* Effects of 1950 MHz W-CDMA-like signal on human spermatozoa. // Bioelectromagnetics. — 2016. — V. 37 (6). — P. 373-381.
 276. *Narayanan S.N., Kumar R.S., Kedage V. et al.* Evaluation of oxidant stress and antioxidant defense in discrete brain regions of rats exposed

- to 900 MHz radiation. // Bratisl Lek Listy. — 2014. — V. 115 (5). — P. 260-266.
277. *Narayanan S.N., Lukose S.T., Arun G. et al.* Modulating effect of 900 MHz radiation on biochemical and reproductive parameters in rats. // Bratisl Lek Listy. — 2018. — V. 119 (9). — P. 581-587.
278. *Nasim I., Kim S.* Adverse effects of 5G downlink on the human body. // 2019 SoutheastCon, Huntsville, AL, USA. — IEEE, 2019. — P. 1-6.
279. *Neufeld E., Carrasco E., Murbach M. et al.* Theoretical and numerical assessment of maximally allowable power-density averaging area for conservative electromagnetic exposure assessment above 6 GHz. // Bioelectromagnetics. — 2018. — V. 39 (8). — P. 617-630.
280. *Neufeld E., Kuster N.* Systematic Derivation of Safety Limits for Time-Varying 5G Radiofrequency Exposure Based on Analytical Models and Thermal Dose. // Health Phys. — 2018. — V. 115 (6). — P. 705-711.
281. *Neufeld E., Samaras T., Kuster N.* Discussion on Spatial and Time Averaging Restrictions Within the Electromagnetic Exposure Safety Framework in the Frequency Range Above 6 GHz for Pulsed and Localized Exposures. // Bioelectromagnetics. — 2020. — V. 41 (2). — P. 164-168.
282. Nigeria Researching Safety of 5G before Deployment: Government Prioritizing Health and Welfare of Citizens. 2020. [Электронный ресурс] URL: <https://ehtrust.org/nigeria-researching-safety-of-5g-government-prioritizing-health-and-welfare-of-citizens/>
283. *Nittby H.* Effects of Mobile Phone Radiation upon the Mammalian Brain. — Sweden: University dissertation from Dept of Clinical Science, Lund University, 2008. — 111 p.
284. *Nittby H., Grafström G., Tian D.P. et al.* Cognitive impairment in rats after long-term exposure to GSM-900 mobile phone radiation. // Bioelectromagnetics. — 2008. — V. 29 (3). — P. 219-232.
285. Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields. // IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans (2011:Lyon, France). — Lyon: IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, 2013. — V. 102. — 480 p.
286. Off the leash — 5G mobile networks / Swiss Re SONAR — New emerging risk insights. // Zurich, Switzerland: Sustainability, Emerging and Political Risk Management, Swiss Re Institute, Strategy Development&Performance Management, May 2019. — P. 29. [Электронный ресурс] URL: <https://ehtrust.org/wp-content/uploads/Swiss-Re-SONAR-Publication-2019-excerpt-1.pdf>

287. *Oh J.J., Byun S.S., Lee S.E. et al.* Effect of Electromagnetic Waves from Mobile Phones on Spermatogenesis in the Era of 4G-LTE. // *Biomed Res Int.* — 2018. — Article 1801798.
288. *Orlando A.R.* Effects of Millimeter Waves Radiation on Cell Membrane — A Brief Review // *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves.* — 2010. — V. 31 (12). — P. 1400-1411.
289. *Ostrom Q.T., Gittleman H., Fulop J. et al.* CBTRUS Statistical Report: Primary brain and central nervous system tumors diagnosed in the United States in 2008-2012 // *Neuro Oncol.* — 2015. — Suppl. 4. — P. iv1-iv62.
290. *Oyewopo A.O., Olaniyi S.K., Oyewopo C.I. et al.* Radiofrequency electromagnetic radiation from cell phone causes defective testicular function in male Wistar rats. // *Andrologia.* — 2017. — V. 49 (10). — Article e12772.
291. *Pakhomov A.G., Akyel Y., Pakhomova O.N. et al.* Current State and Implications of Research on Biological Effects of Millimeter waves: A Review of the Literature. // *Bioelectromagnetics.* — 1998. — V. 19 (7). — P. 393-413.
292. *Pall M.L.* Wi-Fi is an important threat to human health. // *Environ Res.* — 2018. — V. 164. — P. 405-416.
293. *Pandey N., Giri S., Das S. et al.* Radiofrequency radiation (900 MHz)-induced DNA damage and cell cycle arrest in testicular germ cells in swiss albino mice. // *Toxicol Ind Health.* — 2017. — V. 33 (4). — P. 373-384.
294. *Parker J.E., Beason C.W., Sturgeon S.P. et al.* Revisiting 35 and 94 GHZ Millimeter Wave Exposure to the Non-human Primate Eye. // *Health Physics.* — 2020. — V. 119 (2). — P. 206-215.
295. *Pawlak R., Krawiec P., Żurek J.* On Measuring Electromagnetic Fields in 5G Technology. // *IEEE Access.* — 2019. — V. 7. — P. 29826-29835.
296. *Persia S., Carsiofi S., Barbiroli M. et al.* Radio Frequency Electromagnetic Field Exposure Assessment for future 5G networks. / *IEEE 29th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2018* // *IEEE.* — 2018. — P. 1203-1207.
297. *Postow E., Swicord M.L.* Modulated fields and «window» effects. // *Polk C., Postow E. Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields.* — N.W., Boca Raton, Florida: CRC Press, 1986. — P. 425-460.
298. *Precautionary polies and health protection: Principles and applications. Report on a WHO Workshop.* // *WHO* — 2001. — 21 p.

299. *Puranen L.* Altistumisen mittaus ja laskentamallit. // STUK. — 2018. — P. 457-458. [Электронный ресурс] URL: https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/6_10.pdf/588055cc-7672-446a-a12a-570df87b3599
300. *Radwan M., Jurewicz J., Merecz-Kot D. et al.* Sperm DNA damage — the effect of stress and everyday life factors. // *Int J Impot Res.* — 2016. — V. 28. — P. 148-154.
301. *Radziewsky A.A., Rojavin M.A., Cowan A. et al.* Suppression of pain sensation caused by millimeter waves: a double-blinded, cross-over, prospective human volunteer study. // *Anesth Analg.* — 1999. — V. 88 (4). — P. 836-840.
302. *Ramundo-Orlando A., Gallerano G.P., Stano P. et al.* Permeability changes induced by 130 GHz pulsed radiation on cationic liposomes loaded with carbonic anhydrase. // *Bioelectromagnetics.* — 2007. — V. 28 (8). — P. 587-598.
303. *Ramundo-Orlando A.* Effects of Millimeter Waves Radiation on Cell Membrane — A Brief Review. // *J Infrared Waves Milli Terahz.* — 2010. — V. 30 (12). — P. 1400-1411.
304. *Ramundo-Orlando A., Longo G. et al.* The response of giant phospholipid vesicles to millimeter waves radiation. // *Biochim Biophys Acta Biomembr.* — 2009. — V. 1788 (7). — P. 1497-1507.
305. Reykjavik Appeal on wireless technology in schools. / Children, Screen time and Wireless Radiation — International Conference, Reykjavik, February 24, 2017. — 8 p. [Электронный ресурс] URL: http://www.priartem.fr/IMG/pdf/Reykjavik_Appeal_170224.pdf
306. *Rojavin M.A., Tsygankov A.Y., Ziskin M.C.* In vivo effects of millimeter waves on cellular immunity of cyclophosphamide-treated mice. // *Electro Magnetobiol.* — 1997. — V. 16 (3). — P. 281-292.
307. *Rosenthal S.W., Birenbaum L., Kaplan I.T. et al.* Effects of 35 and 107 GHz CW microwaves on the rabbit eye / Johnson C.C., Shore M.L. *Biological Effects of Electromagnetic Waves. Vol. I, Selected papers of the USNC/URSI Annual Meeting, October 20-23, 1975.* — Boulder, Colorado: HEW publication (FDA) 77-8011, 1977. — P. 110-128.
308. *Russell C.L.* 5G wireless telecommunications expansion: Public health and environmental implications. // *Environ Res.* — 2018. — V. 165. — P. 484-495.
309. *Sage C.A., Carpenter D.O.* BioInitiav Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standards for Electromagnetic Fields (ELF and RF). // *BioInitiav Working Group.* — 2007. — V. 1. — 224 p.

310. *Salford L.G., Brun A.E., Eberhardt J.L. et al.* Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones. // *Environ Health Perspect.* — 2003. — V. 111 (7). — P. 881-883.
311. *Salford L.G., Eberhardt J.L., Persson B.R.* Permeability of the blood-brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50, 200 Hz. // *Bioelectrochem Bioenerg.* — 1994. — V. 27 (6). — P. 535-542.
312. *Salford L.G., Persson B., Brun A.* Neurological Aspects on Wireless Communication. // *Bernhardt J.H., Matthes R., Repacholi M.H.* Non-Thermal effects of RF Electromagnetic Fields. — Munich, Germany: ICNIRP, 1997. — P. 131-143.
313. *Salford L.G., Persson B., Malmgren L. et al.* Téléphonie mobile et barrière sang-cerveau. // *Pietteur M.* Téléphonie Mobile — Effets Potentiels sur la Santé des Ondes Électromagnétiques de Haute Fréquence. — Embourg, Belgium: Collection Resurgence, 2001. — P. 141-152.
314. *Saygin M., Asci H., Ozmen O. et al.* Impact of 2.45 GHz microwave radiation on the testicular inflammatory pathway biomarkers in young rats: The role of gallic acid. // *Environ Toxicol.* — 2016. — V. 31 (12). — P. 1771-1784.
315. *Sepehrimanesh M., Kazemipour N., Saeb M. et al.* Proteomic analysis of continuous 900-MHz radiofrequency electromagnetic field exposure in testicular tissue: a rat model of human cell phone exposure. // *Environ Sci Pollut Res.* — 2017. — V. 24 (15). — P. 13666-13673.
316. *Sepehrimanesh M., Davis D.L.* Proteomic impacts of electromagnetic fields on the male reproductive system. // *Comp Clin Pathol.* — 2017. — V. 27. — P. 309-313.
317. *Shcheglov V.S., Alipov E.D., Belyaev I.Y.* Cell-to-cell communication in response of *E. coli* cells at different phases of growth to low-intensity microwaves. // *Biochim Biophys Acta.* — 2002. — V. 1572 (1). — P. 101-106.
318. Should Cellphones Have Warning Labels? // *Wall Street Journal*, May 23, 2016.
319. Significant discrepancy of opinions on 5G and health between ICNIRP and the Health Council of the Netherlands. // BRHP, September 5, 2020. [Электронный ресурс] URL: <https://betweenrockandhardplace.wordpress.com/2020/09/05/significant-discrepancy-of-opinions-on-5g-and-health-between-icnirp-and-the-health-council-of-the-netherlands/>
320. *Silva H.G.* What is 5G technology and what are its dangers // *J Economico*, 21 Jan 2020. [Электронный ресурс] URL: <https://ehtrust.org/what-is-5g-technology-and-what-are-its-dangers/>

321. *Silva V., Hilly O., Strenov Y. et al.* Effect of cell phone-like electromagnetic radiation on primary human thyroid cells. // *Int J Radiat Biol.* — 2016. — V. 92 (2). — P. 107-115.
322. *Šimaiová V., Almášiová V., Holoovská K. et al.* The effect of 2.45 GHz non-ionizing radiation on the structure and ultrastructure of the testis in juvenile rats. // *Histol Histopathol.* — 2019. — V. 34 (4). — P. 391-403.
323. *Simkó M., Mattsson M.* 5G Wireless Communication and Health Effects — A Pragmatic Review Based on Available Studies Regarding 6 to 100 GHz. // *Int J Environ Res Public Health.* — 2019. — V. 16 (18). — Article 3406.
324. *Smith-Roe S.L., Wyde M.E., Stout M.D et al.* Evaluation of the genotoxicity of cell phone radiofrequency radiation in male and female rats and mice following subchronic exposure. // *Environ Mol Mutagen.* — 2020. — V. 61 (2). — P. 276-290.
325. *Sokolovic D., Djordjevic B., Kocic G. et al.* Effect of melatonin on the parameters of oxidative stress and DNA fragmentation in testicular tissue of rats exposed to microwave radiation. // *Adv Clin Exp Med.* — 2015. — V. 24 (3). — P. 429-436.
326. *Solek P., Majchrowicz L., Bloniarz D. et al.* Pulsed or continuous electromagnetic field induce p53/p21-mediated apoptotic signaling pathway in mouse spermatogenic cells in vitro and thus may affect male fertility. // *Toxicology.* — 2017. — V. 382. — P. 84-92.
327. Sweden's fifth national report under the Convention on Nuclear Safety. DS 2010:3. — Stockholm: Norstedts Juridik, 2010. — 186 p.
328. *Thors B., Furuskär A., Colombi D. et al.* Time-averaged Realistic Maximum Power Levels for the Assessment of Radio Frequency Exposure for 5G Radio Base Stations using Massive MIMO. // *IEEE Access.* — 2017. — V. 5. — P. 19711-19719.
329. *Torgomyan H., Trchounian A.* Bactericidal effects of low-intensity extremely high frequency electromagnetic field: an overview with phenomenon, mechanisms, targets and consequences. // *Crit Rev Microbiol.* — 2013. — V. 39 (1). — P. 102-111.
330. Trends in Brain Tumor Incidence Outside the U.S. // *Electromagnetic Radiation Safety*, May 24, 2019. [Электронный ресурс] URL: <http://www.saferemr.com/2018/03/brain-tumor-incidence-trends.html>
331. *Van den Bulck J.* Adolescent use of mobile phones for calling and for sending text messages after lights out: results from a prospective cohort study with a one-year follow-up. // *Sleep.* — 2007. — Vol. 30 (9). — P. 1220-1223.

332. Viewpoint, mobile phones and children. // MMF (Mobil Manufactures Forum). — 2008 — 48 p.
333. *Wang D., Li B., Liu Y. et al.* [Impact of mobile phone radiation on the quality and DNA methylation of human sperm in vitro]. // *Zhonghua Nan Ke Xue.* — 2015. — V. 21 (6). — P. 515-520.
334. *Wu T., Rappaport T.S., Collins C.M.* Safe for Generations to Come: Considerations of Safety for Millimeter Waves in Wireless Communications. // *IEEE Microw Mag.* — 2015. — V. 16 (2). — P. 65-84.
335. *Wyde M., Cesta M., Blystone C. et al.* Report of Partial Findings from the National Toxicology Program Carcinogenesis Studies of Cell Phone Radiofrequency Radiation in Hsd: Sprague Dawley® SD rats (Whole Body Exposures). [Электронный ресурс] URL: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/055699v1>
336. *Yu G., Tang Z., Chen H. et al.* Long-term exposure to 4G smartphone radiofrequency electromagnetic radiation diminished male reproductive potential by directly disrupting Spock3-MMP2-BTB axis in the testes of adult rats. // *Sci Total Environ.* — 2020. — V. 698. — Article 133860.
337. *Zang Z.J., Ji S.Y., Huang S.Z. et al.* Impact of Cellphone Radiation on Sexual Behavior and Serum Concentration of Testosterone and LH in Male Mice // *Occupational Diseases and Environmental Medicine.* — 2016. — V. 4. — P. 56-62. [Электронный ресурс] URL: https://www.scirp.org/pdf/ODEM_2016081615042035.pdf
338. *Zhadobov M., Sauleau R., Vie V. et al.* Interactions between 60-GHz millimeter waves and artificial biological membranes: dependence on radiation parameters. // *IEEE Trans Microw Theory Tech.* — 2006. — V. 54 (6). — P. 2534-2542.
339. *Zhang G., Yan H., Chen Q. et al.* Effects of cell phone use on semen parameters: results from the MARHCS cohort study in Chongqing, China. // *Environ Int.* — 2016. — V. 91. — P. 116-121.