Надо быть пахарем в своей области, чтобы достичь успеха и признания Фазиль Искандер



Федеральное медико-биологическое агентство Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»

А.С. САМОЙЛОВ

ГРИГОРЬЕВ ЮРИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ:

ПРЕДАННОСТЬ НАУКЕ И ТАЛАНТ РУКОВОДИТЕЛЯ

70 лет НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

УДК 61(092) ББК 53:5г С17

С17 Самойлов А.С.

Григорьев Юрий Григорьевич: преданность науке и талант руководителя. 70 лет научной деятельности. Практическая значимость результатов. — М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2019 г. — 200 с.

Книга посвящена выдающемуся ученому – Григорьеву Юрию Григорьевичу. Описана его научная деятельность в течение 70 лет, значимые научные изыскания

ISBN 978-5-905926-77-8

[©] А.С. Самойлов, 2019

[©] ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2019

The Federal Medical Biological Agency The Federal State Financed Institution State Research CenterBurnasyan Federal Medical Biophysical Center under the Federal Medical Biological Agency

A.S.	SAN	10Y	LOV

YURI GRIGORIEV:

DEVOTION TO SCIENCE AND LEADERSHIP TALENT

70 years of SCIENTIFIC ACTIVITY PRACTICAL SIGNIFICANCE OF THE RESULTS

УДК 61(092) ББК 53:5г С17

C17 Samoylov A.S.

Yuri Grigoriev: devotion to science and leadership talent. 70 years of scientific activity. The practical significance of the results. – M.: State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 2019 – 200 p.

The book is dedicated to the outstanding scientist – Yuri Grigoriev. His scientific activity during 70 years, significant scientific research has been described.

ISBN 978-5-905926-77-8

[©] A.S. Samoylov, 2019

[©] State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Вступительное слово академика Л.А. Ильина .		13
Введение		17
Глава 1. Периоды становления радиобиологии. Последствия возможного применения атомного оружия. Участие в ликвидация ава-		
рии на ЧАЭС		21
Первые шаги в радиобиологии ионизиру- ющего излучения и в медицинской радио-		
логии		21
Малые дозы. Пороговый уровень и ответные физиологические реакции		25
Большие дозы. Патофизиологическая характеристика развития «молниеносной формы» лучевой болезни и «смерти под		29
лучом»	٠	29
молниеносной лучевой болезни		34
Представление Ю.Г. Григорьева о динами- ке развития молниеносной лучевой болез- ни в ходе облучения (по итогам комплекс- ного экспериментального исследования		
«под лучом»)		36
Участие в ликвидации аварии на ЧАЭС		41
Глава 2. Радиационная безопасность пилоти-		
руемых космических полетов. Космическая		50
радиобиология	٠	58
Пионерские работы по космической радиобиологии и физиологии в Институте биофизики Минздрава СССР		58

Начало работ по космической радиобиологии и радиационной безопасности пилотируемых космических полетов в Ин-	
ституте Медико-биологических проблем. Моделирование облучения космонавтов	 64
при полете к Марсу. Результаты «Хрони-	
ческого эксперимента»	 64
Эксперимент в космосе с гамма-	0.1
облучателем на борту спутника	 91
Эксперименты с протонами и тяжелыми ионами на ускорителях ОИЯИ и в космо-	
се	 93
Радиобиологические исследования в усло-	
виях высокогорья	 106
Разработка нормативных документов при облучении космонавтов при совершении полетов различной длительности и назначении	108
Глава 3. Оценка возможного неблагоприятно-	
го действия инфразвука. Разработка норма-	
тивных документов и профилактических	
рекомендаций	 117
Глава 4. Гипогеомагнитная среда обитания (магнитная депривация), биоэффекты и нор-	
мативы	 123
Глава 5. Оценка опасности электромагнитного излучения радиочастот (ЭМИ РЧ) для на-	
селения	 134
Направление и организация исследований	 134
Влияние электромагнитных полей на мозг	 137

]	Проблема нормирования ЭМП РЧ.	
]	Российско-французский эксперимент	147
(Сотовый телефон и дети	150
лы Ю.	6. Создание радиобиологической шко- Г. Григорьева. 60 лет педагогической ьности	154
	7. Признание научной деятельности ригорьева в России и за рубежом	166
	Совместные отечественные исследования	
(с зарубежными учеными	168
	О Ю.Г. Григорьеве в зарубежной литера-	
	туре	168
]	Международное признание	170
]	Признание на Родине	179
	словие	184
	жение. Приоритетные публикации 019 гг	188

CONTENT

Openings remarks by Academician L.A. Ilyin	13
Introduction	 17
Chapter 1. The periods of foundation of radio- biology. The consequences of the possible use of atomic weapons. Participation in the liquidation of the Chernobyl accident	21
First steps in radiobiology of ionizing radia-	21
tion and in medical radiology	 2125
Large doses. The pathophysiological characteristic of the development of the "fulminant" form of radiation sickness and "death under the beam"	 29
To the development of convulsive syndrome with fulminant radiation sickness34	
Representation of Yu.G. Grigorieva on the dynamics of development of fulminant radiation sickness during irradiation (according to the results of a comprehensive experimental study "under the beam")	 36
Participation in the liquidation of the Chernobyl NPP accident.	 41
Chapter 2. Radiation safety of manned space flight. Space Radiobiology	 58
Pioneering work on space radiobiology and physiology at the Institute of Biophysics, the USSR Ministry of Health	 58

Commencement of work on space radiobiology and radiation safety of manned space flight at the Institute of Biomedical Problems	64
Simulation of cosmonauts' irradiation during a flight to Mars. The results of the "Chronic Experiment"	64
An experiment in space with a gamma irradiator aboard a satellite	91
Experiments with protons and heavy ions at JINR accelerators and in space	93
Radiobiological studies in the highlands Development of regulatory documents on the irradiation of astronauts during flights of various duration and purpose	106 108
Chapter 3. Evaluation of the possible negative effects of infrasound. Development of regulatory documents and preventive recommendations	117
Chapter 4. Hypogeomagnetic environment (magnetic deprivation), bioeffects and standards	123
Chapter 5. Estimation of the danger of electromagnetic radiation from radio frequencies (EMI of Radio Frequency Range) for the public	134
Fields and organization of research	134
The influence of electromagnetic fields on the brain	137
The problem of rationing EMI of Radio Frequency Range. Russian-French experiment	147
Cell phone and children	150

Chapter 6. Establishing a radiobiological school of Yu.G. Grigoriev. 60 years of educational work	154
Chapter 7. Recognition of the scientific activities of Yu.G. Grigoriev in Russia and abroad	166
Joint domestic research with foreign scientists	168
About Yu.G. Grigoriev in foreign literature	168
International recognition	170 179
Epilogue	184
Appendix. Key publications 1954-2019	188

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО АКАДЕМИКА Л.А. ИЛЬИНА

Дорогой Юрий Григорьевич, вы уже 70 лет служите науке!

Вы начали работать в Институте Биофизики МЗ СССР в 1949 году и вот, исполнилось 70 лет Вашей научной деятельности. Мы имеем возможность поздравить Вас, выдающегося ученого в области радиобиологии ионизирующей и неионизирующей радиации, космической радиобиологии и экстремальной физиологии, с практически значимыми результатами, с феноменальными достижениями по воспитанию молодых ученых — созданием широко известной в нашей стране и за рубежом отечественной школы радиобиологов. Под Вашим руководством защищено 55 кандидатских и 15 докторских диссертаций.

В течение более 40 лет мне, как директору Института Биофизики, всегда было с огромным удовольствием работать с Вами. Ваш научный авторитет помогал решать многие проблемные задачи, стоящие перед Институтом. В первые дни после аварии на ЧАЭС Вы уверено и квалифицировано помогали Ангелине Константиновне Гуськовой в госпитализации очень тяжелых больных с острой лучевой болезнью, а уже 14 мая 1986 г. я передал Вам, в надежные руки, свои полномочия члена Правительственной Комиссии в Чернобыле. Безусловно, в этой работе сказалась школа Великой Отечественной войны, которую Вы прошли.

Ваши исследования в области космической радиобиологии, проведенные на спутниках в космосе и на ускорителях протонов и тяжелых ионов в ОИЯИ, по радиационной безопасности пилотируемых космических полетов являются пионерскими и признаны мировым научным сообществом. До сих пор остается уникальным т.н. «Хронический эксперимент» с моделированием облучения космонавтов при полете к Марсу. Эксперимент был проведен в условиях специально созданной облучательской базы, обеспечивающей круглосуточное хроническое лучевое воздействие галактического излучения и воздействие радиации от солнечных вспышек на 240 собак с обеспечением пожизненного клинико-физиологического наблюдения, до 14 лет.

Юрий Григорьевич, Вы являетесь патриархом исследований биологического действия электромагнитных полей, оценки опасности для населения ЭМП сотовой связи.

Ваши интересы в науке широки и многообразны. Ваши достижения признаны как в России, так и за рубежом. Всегда Ваш научный выбор связан с новыми, значимыми для страны проблемами.

Вы на протяжении 18 лет возглавляли Российский Национальный Комитет по защите от неионизирующего излучения, являетесь членом бюро Научного совета по проблемам радиобиологии РАН, возглавляете исследования в нашей стране по оценке опасности мобильной связи для населения, отстаиваете точку зрения отечественных ученых по этой проблеме за рубежом. Уже около 20 лет Вы являетесь членом Консультативного Комитета ВОЗ по Международной программе «ЭМП и здоровье населения».

Вы все 70 лет проводили исследования в рамках задач, стоящих перед 3 ГУ и в последующем ФМБА. Ваши исследования, начиная с 1949 года, проходили при поддержке А.И. Бурназяна.

Вы доброжелательны, к Вам тянуться коллеги и друзья. Вы обладаете высоким чувством юмора. Я горжусь, что я имею такого друга и коллегу, с которым вместе работаю уже много лет.

Юрий Григорьевич, желаю Вам здоровья и успешного исследовательского труда, от которого Вы получаете большое моральное удовлетворение.

Всегда Ваш Академик РАН Л.А. Ильин

Blommes

OPENINGS REMARKS BY ACADEMICIAN L.A. ILYIN

Dear Yuri, you have been serving science for 70 years!

You started working at the Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR in 1949 and now, 70 years of your scientific activity have been celebrated. We have the opportunity to congratulate you, an outstanding scientist in the field of radiobiology of ionizing and non-ionizing radiation, space radiobiology and extreme physiology, with practically significant results, with phenomenal achievements in the education of young scientists - the establishing a national radiobiology school well-known in our country and abroad. Under Your leadership, 55 PhD and 15 doctoral theses were defended.

For more than 40 years, as a Director of the Institute of Biophysics, it has always been my great pleasure to work with you. Your scientific authority helped to solve many problematic problems facing the Institute. In the first days after the Chernobyl accident, you confidently and efficiently helped Angelina Guskova in the hospitalization of very serious patients with acute radiation syndrome, and on May 14, 1986, I gave you, in safe hands, my terms as a member of the Government Commission in Chernobyl. Certainly, in this work the school of the Great Patriotic War that you went through affected it.

Your research in the field of space radiobiology, conducted on satellites in space and on accelerators of protons and heavy ions at the JINR, on radiation safety of manned space flights is pioneering and is recognized by the world scientific community. The so-called "Chronic Experiment" with the simulation of cosmonauts' irradiation during a flight to Mars still remains unique. The experiment was conducted under conditions of a specially created irradiation base providing 24-hour chronic radiation effects of galactic radiation and exposure

to radiation from solar flares on 240 dogs with the ensuring of the lifelong clinical and physiological observation, up to 14 years.

Yuri, you are a patriarch of research on the biological effects of electromagnetic fields, and assessing the danger to the population of EMF of cellular networks.

Your interests in science are broad and diverse. Your achievements are recognized both in Russia and abroad. Your scientific choice is always associated with new, significant problems for the country.

For 18 years you have headed the Russian National Committee on Non-Ionizing Radiation Protection, you are a member of the Bureau of the Scientific Council on Radiobiology of the Russian Academy of Science, manages the research in our country to assess the danger of mobile communication for the population, defends the point of view of Russian scientists on this issue abroad. For about 20 years you have been a member of the WHO Advisory Committee on the International Program "EMF and Public Health".

For all 70 years you have been conducting research within the tasks facing 3rd Main Directorate and then the FMBA of Russia. Starting from 1949 your research was supported by A.I. Burnasyan.

You are friendly, colleagues and friends are drawn to you. You have a good sense of humor. I am proud that I have such a friend and colleague with whom I have been working together for many years.

Yuri, I wish you health and successful research work that brings you great moral satisfaction.

Ever yours,
Academician of RAS L.A. Ilyin

ВВЕДЕНИЕ

Сентябрь 2019 года — уникальная дата — 70-летие научной деятельности профессора, доктора медицинских наук Григорьева Юрия Григорьевича, ведущего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна».

Юрий Григорьевич Григорьев — один из крупнейших ученых в области радиобиологии как ионизирующих, так и неионизирующих излучений, космической радиобиологии, радиационной гигиены и экстремальной физиологии.

Путь Ю.Г. Григорьева в науке неразрывно связан с развитием медицинской радиологии, радиобиологии различных видов радиации и, прежде всего, с ядерной радиацией, космической физиологией и радиационной защитой космонавтов СССР и России. Он был инициатором, организатором и участником ряда широкомасштабных, уникальных по замыслу экспериментов и научно-практических работ, результаты которых были использованы в системе здравоохранения, в министерстве обороны, при планировании и осуществлении пилотируемых космических полетов, а также при ликвидации аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС). Фундаментальные работы Юрия Григорьевича по оценке опасности электромагнитных полей радиочастотного диапазона получили международное признание.

Научная деятельность профессора Ю.Г. Григорьева осуществлялась в течение 70 лет только в рамках государственных программ 3-го ГУ МЗ СССР и ФМБА России. Выдвинутые им предложения к решению научных про-





Бурназян Аветик Игнатьевич

Институт биофизики AMH СССР с 1949 по 1964 гг.



Франк Глеб Михайлович директор 1948-1951 гг.



Архипов Андрей Сергеевич директор 1951-1954 гг.



Лебединский Андрей Владимирович директор 1954-1962 гг.



Ильин Леонид Андреевич директор 1968-2008 гг.



Котенко Константин Валентинович директор 2008-2015 гг.



Самойлов Александр Сергеевич директор с 2015 г.

Институт биофизики Минздрава СССР ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России с 1977 г. по настоящее время

ФМБА России

Уйба Владимир Викторович



ЦНИИ МО СССР с 1952 по 1954 гг.



Горизонтов Пётр Дмитриевич директор 1962-1968 гг.



Полянский Александр Ефимович начальник института 1950-1957 гг.



Парин Василий Васильевич директор 1965-1968 гг.



Газенко Олег Георгиевич директор ИМБП 1969-1988 гг.

ИМБП МЗ СССР с 1964 по 1977 гг.

грамм встречали одобрение и поддержку лично со стороны А.И. Бурназяна, 3-го ГУ МЗ СССР и ФМБА России, директоров Института биофизики МЗ СССР (ныне ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России) и Института медико-биологических наук МЗ СССР.

Книга посвящена оценке значимости основных результатов за 70 лет научной деятельности профессора Юрия Григорьевича Григорьева.

ГЛАВА 1. ПЕРИОДЫ СТАНОВЛЕНИЯ РАДИОБИОЛОГИИ. ПОСЛЕДСТВИЯ ВОЗМОЖНОГО ПРИМЕНЕНИЯ АТОМНОГО ОРУЖИЯ. УЧАСТИЕ В ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИИ НА ЧАЭС

Первые шаги в радиобиологии ионизирующего излучения и в медицинской радиологии

Юрий Григорьевич Григорьев закончил Военномедицинскую академию в 1949 году и был направлен в Институт биофизики АМН СССР. Он активно включился в биологические исследования, связанные с реализацией государственной программы по созданию атомного оружия.

Юрий Григорьевич оказался на переднем крае радиобиологических исследований с ионизирующей радиацией и принял непосредственное участие в ряде пионерских работ. В 1953-1954 годах Ю.Г. Григорьев был откомандирован в Центральный физико-технический институт Минобороны СССР для решения прикладных задач по проблеме ионизирующей радиации в интересах МО СССР. В декабре 1954 года он вновь вернулся в Институт биофизики МЗ СССР.

К числу приоритетных исследований в Институте биофизики МЗ СССР, безусловно, относятся научные данные, полученные Ю.Г. Григорьевым в работах под руководством профессора М.П. Домшлак по клиническому использованию радиоактивного фосфора для лечения полицитемии и кобальта-60 в терапии опухолевых заболеваний¹

 $^{^{1}}$ Домшлак М.П., Григорьев Ю.Г. Опыт лечения полицитемии радиоактивным фосфором // Вестник рентгенологии и радиологии. 1955. № 2, с. 56-63.



Рис. 1. Титульный лист сборника трудов под редакцией А. Игнатьева.

По просьбе А.И. Бурназяна было сделано обобщение о состоянии изотопной терапии в те годы и было опубликовано в Трудах по применению радиоактивных изотопов в медицине в 1955 году под редакцией А. Игнатьева² (рис. 1). В тот период А.И. Бурназян выходил в открытую печать под псевдонимом А. Игнатьев.

Актуальность этих работ позволила создать по указанию А.И. Бурназяна документальный фильм «Атомы несут жизнь»³.

Этот фильм был создан, как пример использования атомной энергии в мирных целях. При-

давая большое значение донесения информации до населения, что, кроме создания оружия, достижения в атомной сфере могут быть полезными и в мирных целях и, в частности, в медицине. При создании этого фильма я много раз имел достаточно продолжительные беседы с А.И. Бурназяном. Вот так и появилось название фильма «Атомы несут жизнь»⁴.

На 1-м Международном кинофестивале фильм получил вторую премию в номинации документальные фильмы (рис. 2).

 $^{^2}$ Труды по применению радиоактивных изотопов в медицине / под общ. ред. А. Игнатьева. 2-е изд. Москва: Медгиз, 1955. 264 с.

 $^{^3}$ Фильм 1959 г., студия Леннаучфильм, режиссер: Г. А. Бруссе, оператор: К. И. Погодин, авторы сценария: С. Городинский, Ю. Григорьев.

 $^{^{\}rm 4}$ Здесь и далее по книге курсивом приведены воспоминания Ю.Г. Григорьева.



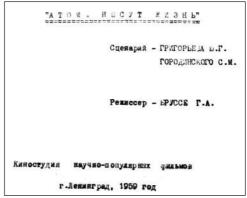


Рис. 2. Титульный лист сценария и обложка бюллетеня 1-го Международного кинофестиваля, 1959 г.

Юрий Григорьевич был приглашен М. Роммом в качестве консультанта при подготовке сценария фильма «Девять дней одного года» о работе физиков-ядерщиков (1962 г.).

Юрием Григорьевичем впервые были опубликованы материалы о функциональных первичных изменениях в коре больших полушарий головного мозга человека при облучении ионизирующим излучением, выполненные под руководством академика М.Н. Ливанова⁵.

 Θ . Γ . Γ ригорьев провел обобщение и анализ накопленного к тому времени опыта по лечению лучевой болезни и опубликовал в открытой печати ее классификацию⁶.

 $^{^5}$ *Григорьев Ю.Г.* К вопросу о первичных изменениях функционального состояния коры больших полушарий человека при лучевом воздействии // Вестник рентгенологии и радиологии. Сообщение I и II, 1954, 1956; Он же. Данные электрофизиологических исследований при локальном облучении головного мозга человека // Бюллетень радиационной медицины. 1956. 2; Научный комитет ООН, 1957.

 $^{^6}$ *Григорьев Ю.Г.* Некоторые вопросы классификации и клини-ки острой лучевой болезни у человека // Клиническая медицина. 1956. № 3. С. 12–24; Analele Romino – Sovetica. 1956. № 4. Р. 44–56.

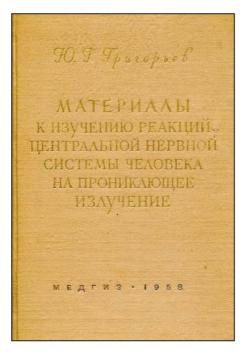


Рис. 3. Издание монографии Ю.Г. Григорьева «Материалы к изучению реакций центральной нервной системы человека на проникающее излучение», 1958 г.

Также им было осуществлено ინინшение многолетнего наблюдения за витием отдаленных последствий у людей, ранее подвергавшихся лучевой терапии. Под наблюдением было 378 человек, срок наблюдения до 10 лет. Были выявлены значительные изменения со стороны ряда функций организма уже после облучения при наличии умеренной ком $пенсации^7$.

Перу Юрия Григорьевича принадлежит первая в СССР и за рубежом монография⁸ о реакциях

нервной системы человека на ионизирующее излучение (рис. 3).

⁷ Домшлак М.П., Григорьев Ю.Г., Даренская Н.Г. Отдаленные наблюдения за людьми, подвергавшимися лучевой терапии // Медицинская радиология. 1962; Домшлак М.П., Григорьев Ю.Г., Даренская Н.Г. Клиника и терапия лучевой болезни // Тр. Всесоюзн. конф. по медицинской радиологии. М., 1957; Репарация лучевых повреждений в радиологической клинике // Медицинская радиология. 1966.

 $^{^8}$ *Григорьев Ю.Г.* Материалы к изучению реакций центральной нервной системы человека на проникающее излучение: монография. М.: Медгиз, 1958.

Малые дозы.

Пороговый уровень и ответные физиологические реакции

Исследуя биоэффекты очень малых доз было доказано, что ионизирующее излучение может выступать не только как повреждающий фактор, но и как общий раздражитель. Получены данные, указывающие на возможность наличия порогового уровня при воздействии ионизирующего излучения в малых дозах.

Анализируя результаты специальных экспериментов, была рассмотрена проблема компенсации и восстановления нарушенных функций при лучевых поражениях.

Для проведения соответствующих экспериментов были развернуты исследования по регистрации ряда функций организма у экспериментальных животных во время гамма-облучения, то есть «под лучом». Ю.Г. Григорьев получил данные о характере реакций ЦНС, ССС и ряд других систем во время облучения очень малыми дозами.

До этого исследование радиочувствительности, как правило, проводилось по оценке какого-либо конечного эффекта, например, по срокам гибели животных. Очевидно, что такой подход не позволял выяснить истинную чувствительность определенных систем организма к радиации, то есть установить ту наименьшую пороговую дозу излучения, которая способна вызвать ответную реакцию той или иной системы. В качестве показателя оценки чувствительности центральной нервной системы к излучению в данном исследовании были использованы ранние реакции ЦНС, которые были выявлены электроэнцефалографической методикой. Преимуществом этого методического подхода является то, что ранние реакции регистрировались во время самого облучения, то есть по мере накопления поглощенной энергии.

Было замечено, что при прекращении облучения возникают определенные преходящие изменения в био-

электрической активности мозга. Например, из 36 кроликов, которых тотально облучали с мощностью дозы 7,8 Р/мин в течение 5 мин, в момент прекращения воздействия у 15 животных имело место немедленное отчетливое изменение биопотенциалов («эффект выключения»). Известно, что в случае действия на глаз сильным светом также на ретинограмме регистрируется «эффект выключения». Следовательно, «эффект выключения», наблюдаемый в момент прекращения облучения, может давать некоторые основания считать, что ионизирующее излучение действует в определенных условиях как раздражитель.

Известно наличие так называемого дифференциального порога в отношении деятельности зрительного, слухового и других анализаторов и соответствующие количественные зависимости (закон Весбера-Фехнера). В этом отношении представляют интерес следующие результаты. Животных подвергали общему гамма-облучению с мощностью дозы 153 Р/мин. В течение всего времени облучения велась непрерывная запись биоэлектрической активности мозга. Спустя 7 мин воздействия одномоментно увеличивалась мощность дозы до 459 Р/мин, при этом у трех из пяти животных имели место отчетливые изменения биопотенциалов в момент увеличения мощности дозы.

Известно, что реакция живой системы на действие того или иного физического фактора (электрического тока) характеризуется двумя закономерностями: 1) соответствием между силой раздражителя и временем его действия; и 2) наличием пороговой величины раздражителя. Было важно выяснить, в какой мере известные закономерности, сформулированные в отношении электрического тока, могут быть распространены при действии ионизирующего излучения на нервную систему. Представлялось, что если будет подтверждена общность этих двух факторов, можно будет в какой-то степени говорить об «эффекте раздраже-

ния» при воздействии ионизирующего излучения в малых дозах, конечно при определенных условиях опыта.

В этом направлении Юрием Григорьевичем были проведены исследования на 200 кроликах (совместно с А.Б. Цыпиным). Животных подвергали общему гаммаоблучению при различных мощностях доз.

Были проведены следующие серии опытов:

1-я серия: 15 кроликов (мощность дозы 7,5 Р/с);

2-я серия: 15 кроликов (мощность дозы 5 Р/с);

3-я серия: 34 кролика (мощность дозы 2,5 Р/с);

4-я серия: 34 кролика (мощность дозы 1 Р/с);

5-я серия: 34 кролика (мощность дозы 0,35 Р/с);

6-я серия: 34 кролика (мощность дозы 0,13 Р/с);

7-я серия: 34 кролика (мощность дозы 0,013 Р/с).

Всех кроликов облучали в течение 5 мин с одновременной регистрацией биотоков мозга.

В 1, 2 и 3-й сериях опытов первоначальные изменения биопотенциалов развивались практически у 62 из 64 кроликов с первой секунды от начала облучения. Эти изменения проявлялись в сдвигах частот и амплитуд колебаний. В 4-й серии опытов, где мощность излучения была уменьшена до 1 Р/с, реакции отмечались у 94 % кроликов. Однако время возникновения и характер этих реакций были несколько иными: у 11 животных изменения биопотенциалов коры наблюдались уже не с первой секунды воздействия, а позднее; реакции были в ряде случаев более слабыми и более короткими, чем в предыдущих опытах. Такого рода закономерность выявлялась все в большей степени по мере снижения мощности дозы от серии к серии опытов. Результаты исследований после математической обработки были представлены в виде кривой силы-длительности. Полученная впервые кривая силы-длительности по отношению к действию ионизирующего излучения по своему характеру близка к гиперболе и была подобна кривой Хоорвега-

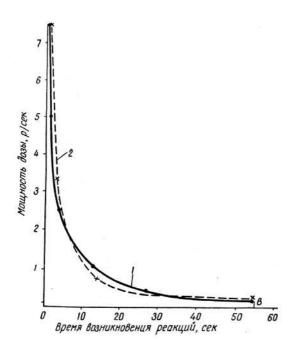


Рис. 4. Кривая силы-длительности при воздействии ионизирующего излучения с различной мощностью дозы.

Вейсса-Лапика при действии электрического тока (рис. 4).

Таким образом, лля действия ионизирующего излучения проведенных экспериментах обнарубыла принцижена пиально та же зависимость, которая характерна И ДЛЯ действия электрического тока на возбудимую ткань.

Одним из кардинальных вопросов в радиобиологии в настоящее время является вопрос о пороговом и беспороговом воздействии ионизирующей радиации. Высокая энергия излучений, значительно превышающая энергию химических связей, дает основание полагать, что для начальных изменений в любых структурах организма на молекулярном уровне порога действия ионизирующей радиации не существует. Однако из этого не следует, что реакции на всех других уровнях биологических систем также не пороговые.

Полученная кривая силы-длительности для действия ионизирующего излучения указывает на пороговый характер изучаемых ответных реакций, при этом имеется в виду ее гиперболический характер и асимптотическое

приближение к осям ординат и абсцисс. Впервые Юрию Григорьевичу удалось установить пороговую дозу ионизирующего излучения для оценки функциональной радиочувствительности нервной системы в условиях непосредственного действия радиации. Суммарная доза, при которой удалось обнаружить первоначальные изменения биопотенциалов для мощности дозы 0,013 P/c, составляет 0,05 P. Таким образом, полученные данные дали основание считать, что биологическое действие ионизирующего излучения по форме своего проявления имеет вид пороговых ответных реакций.

Большие дозы. Патофизиологическая характеристика развития «молниеносной формы» лучевой болезни и «смерти под лучом»

Существуют два положения, имевшие на тот период времени принципиальное значение для понимания развития патофизиологических реакций во время воздействия излучения в больших дозах, при развитии «молниеносной формы» лучевой болезни и «смерти под лучом».

Во-первых, в период воздействия излучения в больших дозах реакции компенсации и восстановления проявляются в наименьшей степени, а само первичное поражение выражено наиболее ярко, и это позволило Ю.Г. Григорьеву получить значительное число новых фактов о развитии патофизиологических реакций в период массивных облучений.

Во-вторых, эти условия опытов позволяли получить данные о характере биоэффектов прямого действия радиации.

Особый методический подход к изучению биологического действия больших доз ионизирующего излучения

определяется тем, что используется в этих экспериментах большая мощность дозы и требуется достаточно много времени, чтобы достичь большой суммарной дозы. Как следствие, период самого облучения бывает очень длительным, иногда более часа. За этот период уже начинает развиваться клиническая картина лучевого поражения и к концу лучевого воздействия можно констатировать полный разгар заболевания. В связи с этим Юрий Григорьевич для познания патогенеза молниеносной лучевой болезни получил данные о первоначальных реакциях организма непосредственно в ходе облучения. При этом, он считал, что более поздние проявления, характеризующие уже летальный период, могут иметь менее специфический генез.

Стремительность развития патологических процессов при молниеносной лучевой болезни, значительная поражаемость абсолютно всех систем, тканей и органов, нарушение общих регуляторных механизмов, определили проведение комплексных исследований с участием специалистов различного профиля. В этих исследованиях, проведенных под руководством Ю.Г. Григорьева, приняли участие более 20 специалистов.

Безусловно, важным фактом является то, что комплексная характеристика развивающихся патологических реакций «под лучом» осуществлялась на одном и том же животном (кролике).

Был разработан ряд приборов, позволяющих исследовать некоторые физиологические функции и отбирать биопробы во время облучения, не прерывая его (рис. 5).

В ходе облучения регистрировали биотоки мозга, дыхание, пульс, ЭКГ, судорожную активность мышц, брали дистанционно пробы периферической крови. Для биохимических и морфологических исследований кроликов забивали на 10, 30 и 60-й минутах облучения. Биохимические исследования включали классические показатели

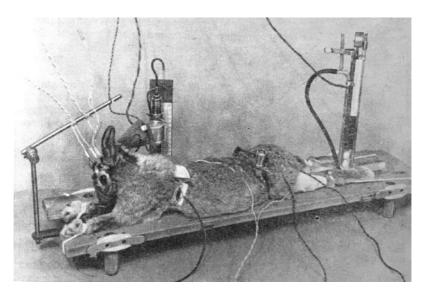


Рис. 5. Кролик перед облучением. Подготовлен к комплексному исследованию «под лучом».

сдвигов в белковом обмене, в иммунологической системе, характеризующие функцию печени и др.

Кроме общего морфологического исследования был использован люминесцентный метод и гистологический анализ изменений во всех отделах нервной системы.

Периферическую кровь у кроликов в течение всего периода облучения дистанционно брали до 10 раз по 0,35 мл при помощи специально разработанного прибора (рис. 6).

Для количественной оценки функционального состояния вестибулярного анализатора кролика сразу после прекращения облучения был разработан специальный стенд ВУ-2 (рис. 7).

Используя весь комплекс специально разработанных методик исследования, в результате даны характеристики состояния ЦНС в период самого облучения с большой мощностью дозы, характер изменения ЭЭГ, динамика развития судорожного синдрома — клонических и клоникотонических судорог.

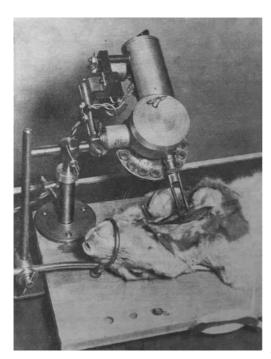


Рис. 6. Общий вид прибора для дистанционного отбора проб периферической крови у животного.

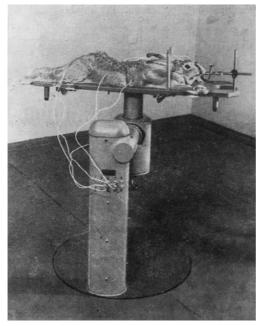


Рис. 7. Общий вид стенда ВУ-2.

Подробно описаны гистоморфологические изменения в головном мозге в динамике развития молниеносной лучевой болезни. Полученные данные указывали на диффузное поражение всех отделов нервной системы при воздействии на организм больших доз радиации. Были отмечены выраженные изменения в коре головного мозга, ретикулярной субстанции, гипоталамической области, мозжечке. Имели место нарушения гемо- и ликводинамики. Развитие патологического процесса имело литический характер, и к моменту летального исхода был отмечен диффузный некроз нервной ткани.

Отечно-дистрофические изменения мозга, тяжелые дегенеративные сдвиги в нейронах, глубокие нарушения гемо- и ликводинамики (переваскулярный отек, полнокровие сосудов, кровоизлияния, отек всех отделов мозга) являются характерным синдромом при молниеносной лучевой болезни.

Были отмечены определенные изменения биопотенциалов сердца: увеличение интервала P-Q комплекса QRS, расщепление зубца P. Морфологически к концу облучения были констатированы значительные изменения в мышце миокарда: набухание мышечных волокон, исчезновение поперечной исчерченности и вакуолизации мышечных фибрилл. Отмечался небольшой отек около сосудистой клетчатки, застой крови в капиллярах.

Были получены данные об изменении биохимических показателей у кроликов, которых, как уже указывалось выше, облучали при мощности дозы 500 Р/мин до суммарной дозы 30 000 Р. Произошло значительное повышение содержание свободного ацетилхолина в тканях мозга. Далее была отмечена его нормализация при повышении холнэстеразной активности. Содержание связанного ацетилхолина прогрессивно падало в течение всего периода облучения. Имелась тенденция к повышению сульфамидных групп в сером веществе мозга.

Материалы динамического наблюдения за составом периферической крови показали, что уже с первых минут облучения начинается отчетливое снижение числа лейкоцитов, развивается тромбопения и ретикулопения. Число лейкоцитов уменьшалось за счет нейтрофилов и лимфоцитов. При продолжении облучения число лейкоцитов снижалось до 38-50 %. При дальнейшем наблюдении после облучения количество лейкоцитов в периферической крови увеличивалось в два раза по сравнению с исходными данными.

К развитию судорожного синдрома при молниеносной лучевой болезни.

Относя к особенностям развития молниеносной лучевой болезни феномен прямого действия излучения на головной мозг, представлялось целесообразным экспериментальным путем установить степень влияния этого феномена на развитие у животных судорожного синдрома. С этой целью Ю.Г. Григорьевым совместно с А.Б. Цыпиным были поставлены специальные опыты на кроликах. Локально и однократно облучали головной мозг кроликов при помощи специально сконструированного В.Г. Хрущевым короткофокусного гамма-облучателя ОКФО-1, заряженного Co⁶⁰. Мощность дозы на уровне кожи составляла 120 Р/с. Головной мозг кролика облучали в течение 45 мин (если животное ранее не погибало «под лучом»). Пучок гамма-лучей, направленный от вершины черепа к его основанию, был строго ограничен. Диаметр поля был равен 4 см. Для сравнения близких по уровню поглощенных доз при общем и локальном облучениях суммарная доза достигала порядка 320 000 Р.

В течение всего времени лучевого воздействия дистанционно отводили биотоки мозга.

В результате действия больших доз излучения на головной мозг (до 320 000 P) все кролики погибли либо во время облучения (начиная с 30-й минуты), либо сразу же после него. Начиная с 10-30-й минуты облучения, у кроликов развивалось судорожное состояние. Периоды судорог чередовались с периодами видимого покоя. В дальнейшем развивалась децеребрационная ригидность экстенсивного типа. Голова животного запрокидывалась назад, передние и задние конечности вытягивались и почти не поддавались насильственному сгибанию, животное не могло стоять.

Изменение в состоянии животного сопровождалось следующими электроэнцефалографическими сдвигами. В первые минуты облучения наступало отчетливое изменение ритмов биоэлектрической активности коры головного мозга кроликов. Общая направленность этих сдвигов сводилась к замедлению ритмов. Медленные колебания потенциалов в большинстве случаев носили строго ритмичный характер, их амплитуда достигала 200-300 мкВ, а частота 2-4 Гц. Электроэнцефалографическая кривая становилась «беднее», частотная характеристика колебаний биопотенциалов была более однообразной и имела меньше частот. В целом интенсивность биотоков снижалась. На этом фоне к моменту возникновения судорожного состояния в электроэнцефалограмме появились быстрые разряды большой амплитуды (до 200-300 мкВ). Эти периоды экзальтации были различны по своей продолжительности; первоначально их длительность была равной 30-60 с, а в дальнейшем они становились короче (до 10 с). После каждого периода экзальтации развивалась глубокая депрессия биотоков. Эти изменения соответствовали периоду покоя животного. Фазы глубокой депрессии длились 10-20 с. С приближением смерти животного периоды экзальтации сначала становились короче, амплитуда разрядов уменьшалась, а в дальнейшем они не регистрировались. В этот период развивалась резкая децеребральная ригидность.

Непосредственно перед гибелью животного интенсивность биотоков настолько снижалась, что электроэнцефалограмма превращалась в прямую линию.

Описанные выше изменения биоэлектрической активности мозга, наступающие при его непосредственном облучении в больших дозах, наблюдались у всех подопытных кроликов.

Следовательно, прямое действие излучения на мозговую ткань играет существенную роль в развитии судорожного синдрома при молниеносной форме лучевой болезни.

Представление Ю.Г. Григорьева о динамике развития молниеносной лучевой болезни в ходе облучения (по итогам комплексного экспериментального исследования «под лучом»).

Анализируя результаты собственных исследований, а также материалы, опубликованные в доступной литературе, Юрий Григорьевич позволил себе следующим образом представить динамику развития лучевого поражения организма в ходе массивного его облучения ионизирующим излучением. Он рассмотрел динамику развития системных нарушений применительно к экспериментальной модели развития молниеносной лучевой болезни у кролика при облучении его с мощностью 500 Р/мин до суммарной дозы 30 000 Р.

Уже в течение первых минут облучения развиваются отчетливые сдвиги функционального состояния ряда систем организма. Прежде всего, изменяется функциональное состояние головного мозга. Чаще всего происходит некоторое усиление биоэлектрической активности, изменение частотной характеристики биопотенциалов. Морфологически можно констатировать умеренный пере-

васкулярный отек мозга, чрезмерное набухание ядер некоторых нервных клеток, в особенности в коре головного мозга, наблюдаются отдельные мелкие очажки растворения миелиновой оболочки нервных волокон. Увеличивается количество клеток Ортега.

С первых же минут происходят изменения в периферической крови, снижается число ретикулоцитов, тромбоцитов и лейкоцитов за счет увеличения гибели как нейтрофилов, так и лимфоцитов. Появляются отдельные дегенеративные формы, увеличивается цитолиз клеток. В мазках крови в это время имеется множество распадающихся нейтрофилов. Происходит перераспределение крови. Большое количество крови депонируется в кровеносных сосудах брюшной полости и паренхиматозных органах.

В костном мозгу происходят два одновременно протекающих процесса. Один из них носит поражающий характер, второй - компенсаторный. Поражение кроветворения в костном мозгу сводится к некоторому уменьшению общего клеточного состава преимущественно миелоидных элементов и особенно молодых регенеративных форм. Часто полностью исчезают клетки ранних генераций: промиелоциты, клетки красного и белого рядов в состоянии деления. Среди миелоидных клеток имеются дегенеративные формы, гигантские гиперсегментированные нейтрофилы, клетки с разряжением ядерной субстанции, гипохроматозом, лизисом ядер. Выявляются ранние повреждения нуклеопротеидных структур миелоидных клеток костного мозга. Изменения нуклеопротеидов развиваются тотчас же после облучения и обнаруживаются как в ядре, так и в протоплазме. В селезенке полностью исчезают фигуры митоза и клетки ранних генераций. Снижается процентное содержание лимфоцитов. Увеличивается количество ретикуло-эндотелиальных и плазматических клеток, а также число малых пикнотичных лимфоцитов. Компенсаторная реакция выражается в увеличении эритробластических клеток за счет зрелых гемоглобиносодержащих форм, в ускорении созревания клеток миелоидного в увеличении числа гемогистиобластов с явной эритробластической направленностью некоторых из них, в ускоренном созревании ретикулоцитов.

В процессе дальнейшего облучения, примерно на 30-й минуте лучевого воздействия, когда доза достигает 15 000 Р биопотенциалы коры головного мозга увеличиваются, появляются быстрые колебания и отдельные острые волны. Могут быть выявлены медленные ритмы, которые в дальнейшем становятся доминирующими. Как правило, эти ритмы соответствуют частоте дыхания или пульса. Снижается возбудимость анализаторов. Наблюдается отек мозговой ткани, увеличивается количество нервных клеток с набухшими «пустыми» ядрами, между которыми находятся нервные клетки в состоянии лизиса. Увеличивается количество очажков демиелинизации в верхних и средних мозжечковых ножках. Заслуживает особого внимания наличие в эти сроки ранней пролиферативной реакции астроцитов и особенно микроглии. Среди пролиферирующих клеток микроглии можно наблюдать гипертрофию многих клеток, а местами распад. Это дает основания говорить о развитии уже в какой-то степени неполноценной защитной реакции со стороны микроглии.

Изменяются биопотенциалы сердца, увеличивается интервал P-Q комплекса QRS, регистрируется расщепление зубца P. Происходят значительные морфологические изменения в мышце миокарда: набухание мышечных волокон, исчезновение поперечной исчерченности, вакуолизация мышечных фибрилл. Отмечается небольшой отек околососудистой клетчатки, застой крови в капиллярах.

В течение последующих 40-60 мин облучения наступает новый период развития лучевого поражения – период судорог. Первоначально судороги носят клонический ха-

рактер и лишь в последующем, перед гибелью животных, развиваются и тонические судороги. Во время клонических судорог регистрируются кратковременные периоды резкой экзальтации биотоков мозга, которые сменяются глубокой депрессией биоэлектрической активности. В этот период отмечаются более тяжелые морфологические изменения в головном мозгу: местами появляется массовый лизис клеток, нарушение цитоархитектоники вследствие гибели большого количества клеток третьего слоя коры, имеется отчетливое разрыхление стенок третьего желудочка, обусловленное резким отеком мозговой ткани. Отмечается распространенный цитолиз в ядрах гипоталамической области, особенно в супраоптическом ядре, много дегенеративных форм астроцитов в подкорковых серых узлах, в белом веществе мозжечка и почти диффузный распад микроглии.

К концу лучевого воздействия в кроветворных органах прогрессивно уменьшается количество клеток крови. Нарастают дегенеративные изменения, особенно в клетках миелоидного ряда. Резко увеличивается количество распавшихся клеток. Повышается число ретикулоэндотелиальных элементов, особенно в селезенке. Встречается много клеток с эритрофагоцитозом и кровяным пигментом. В периферической крови обнаруживаются тени эритроцитов, почти полностью исчезают ретикулоциты ранних стадий своего развития и увеличивается число зрелых форм. Появляются нормобласты, указывающие на нарушение регуляции поступления в периферическую кровь зрелых клеток. Количество тромбоцитов, ретикулоцитов и лейкоцитов снижается на 38-50 % от исходного уровня. Развитие лейкопении объясняется уменьшением числа нейтрофилов и лимфоцитов. Отпечатки костного мозга и особенно селезенки бедны клеточными элементами. Увеличивается число ретикуло-эндотелиальных и плазматических клеток.

Перед гибелью животных, которая наступает к концу облучения или сразу же после него, биоэлектрическая активность резко снижается. Артериальное давление остается на очень низком уровне. Пульс замедляется. Данные ЭКГ указывают на появление гетеротропных очагов возбуждения в сердце. После остановки дыхания в течение некоторого времени регистрируются автоматическая сердечная деятельность.

Результаты этого первого периода исследований были опубликованы в монографии Григорьева⁹ (рис. 8).



Рис. 8. Обложка и титульный лист монографии Ю.Г. Григорьева «Лучевые поражения и компенсация нарушенных функций».

Ю.Г. Григорьев одновременно с исследовательской работой руководил научным отделом института. Он провел большую работу по рассекречиванию огромного пласта научных итогов (более 800 работ!), по их обработке и опубликованию в несекретном «Сборнике рефератов по

 $^{^9}$ *Григорьев Ю.Г.* Лучевые поражения и компенсация нарушенных функций: (Материалы изучения первоначальных реакций организма при воздействии ионизирующего излучения в малых и больших дозах). – Москва : Госатомиздат, 1963. - 203 с.

радиационной ме-3a 1959дишине» 1963 годы в 6 томах (рис. 9). Издавало эти рефераты издательство «Медгиз» под покровительством Комитета медицинской радиологии. Опубликованные сборниках ЭТИХ работы имели одинаковый статус со всесоюзными журналами. Полезность этой работы может быть проиллюстрирована следующим примером. Заведуюлабораторией ший института нашего Б.П. Белоусов по-Ленинскую ЛУЧИЛ премию посмертно,

КОМИТЕТ МЕДИЦИНСКОЙ РАДИОЛОГИИ

СБОРНИК РЕФЕРАТОВ по РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЕ ЗА 1957 ГОЛ

Том І

А. В. Лебединский, Н. А. Краевский, Ф. Г. Кротков,
 Ю. Г. Григорьев, У. Я. Маргуляс, Р. В. Петров

METIN3-1959

Puc. 9. Титульный лист первого тома сборника рефератов.

благодаря тому, что в этом сборнике была помещена его работа, и эта публикация оказалась единственной и приоритетной. Таким образом, более 800 работ (научных результатов) увидели свет.

Участие в ликвидации аварии на ЧАЭС.

26 апреля 1986 года произошла трагедия: взорвался реактор на ЧАЭС. Об этой трагедии написано достаточно много. Даны различные оценки этому событию, включая

и конъюнктурные или абсолютно неквалифицированные. Юрий Григорьевич Григорьев лично принимал участие в ликвидации последствий этой аварии в первые 35 дней.

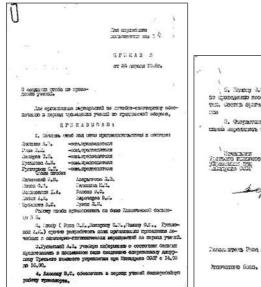
Ниже приведем воспоминания Юрия Григорьевича, как непосредственного участника этих событий.

В 9 утра 26 апреля все заместители директора Института биофизики МЗ СССР собрались в кабинете у Леонида Андреевича Ильина. Информации на этот час было очень мало, но нам, специалистам в этой области, было предельно ясно, что произошла авария реактора с радиоактивным выбросом в атмосферу. Далее события развивались стремительно. В 10 часов утра мы все были уже в кабинете главврача больницы N = 6, нам зачитали приказ по Главку.

26 апреля начальник 3-го главного управления при МЗ СССР Е.Б. Шульженко подписал приказ «О создании штаба по проведению учений», в соответствии с которым я был назначен заместителем начальника штаба (рис. 10).

Начали поступать больные из Чернобыля. Судя по характеру развития первичной реакции и степени их «загрязненности» было ясно, что больные имеют тяжелую форму острой лучевой болезни. Эти больные были отобраны бригадой специалистов института, которая уже ночью прибыла на место аварии. Стало ясно, что отсутствие данных от дозиметров, расположенных вокруг станции, связано с очень большим уровнем радиации, на регистрацию которого они не были рассчитаны. На сделанное замечание по поводу «учений по гражданской обороне», когда в зарубежной информации уже прошло сообщение, что в атмосфере над Швецией и Норвегией зарегистрирован повышенный фон радиации, режимная служба твердо рекомендовала нам придерживаться легенды.

Мне было поручено обеспечить прием больных, их санитарную обработку, госпитализацию и все другие ра-



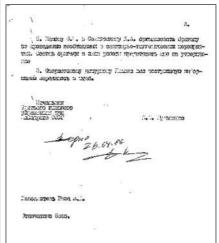


Рис. 10. Приказ по 3-му ГУ о создании штаба по ликвидации аварии на ЧАЭС и назначении Ю.Г. Григорьева заместителем начальник штаба (утро 26 апреля 1986 г.).

боты, связанные с пребыванием в больнице этих весьма сложных больных. Я работал в тесном контакте с руководством больницы. Зная высокую квалификацию врачей клинического отдела и его руководителя профессора Ангелины Константиновны Гуськовой, я в процесс лечения не вмешивался и сосредоточился на оперативном выполнении ее просьб, которые имели определенное значение для проведения лечебного процесса в этот чрезвычайно сложный период. Например, не хватало крови и плазмы для переливания крови. В результате оперативных действий была организована бесперебойная доставка крови и плазмы в больницу. Возникла проблема для приемного покоя с дозиметристами. Эта проблема была в течение часа решена. Не хватало персонала для дежурства ночью у телефона Ангелины Константиновны (звонили кругло-

суточно). Я выделил на дежурство по ночам своего секретаря Н.Н. Яковлеву. Более серьезная ситуация возникла в клинике с техническими работами: упаковка и утилизация загрязненного радиоактивными изотопами медицинского материала после перевязок, инъекций и других процедур, доставка в отделение различных грузов и т.д. Был вызван полк ГО, который мы разместили в палатках во дворе больницы. Офицеры и солдаты четко выполняли свою задачу в полном объеме. Однако количество проблем увеличивалось лавинообразно с каждым часом. Надо достать бахилы, специальные костюмы, крафт-мешки, антимикробное белье, защитные очки. Пошел поток больных «самотеком». Стали приезжать родственники по вызову для сдачи костного мозга для тяжелых больных. Возникла проблема их размещения. Встала задача дезактивации территории больницы и ее помещений. Привлечение Центрнаучфильма для документации лечебного процесса потребовало больших усилий на получение разрешения и организации самой работы. Возникло предложение снять весь процесс лечения ожогов. Соответствующая аппаратура в то время была только в моей лаборатории. Я немедленно выделил научного сотрудника лаборатории Валерия Павловича Макарова и всю необходимую аппаратуру. Соответствующие съемки были осуществлены. Мы делали все возможное, чтобы облегчить невероятно тяжелый труд врачей и среднего персонала. К 5 мая в больницу поступило 172 больных с лучевой болезнью и 23 донора.

На Киевский вокзал стали прибывать беженцы из Киева, Припяти и других мест. Вместе с К.И. Гордеевым организовали на вокзале санпропускники и получили решение МЗ СССР о выделении в Москве больницы для госпитализации приезжающих «по показаниям». Выехали в эту больницу, провели с персоналом инструктаж, а я прочитал небольшую лекцию о лучевой болезни.

Больные, поступающие в больницу № 6, были очень тяжелые. Врачам клиники было очень трудно с ними работать как физически, так и морально. Уже спустя несколько дней после аварии врачи явно астенизировались и малейшее замечание приводило к бурной неадекватной реакции. В моем присутствии дежурный врач, сдавая ночное дежурство и рассказывая о тяжелых больных, разрыдалась. Необходимо напомнить, что медицинский персонал, находясь в палате с больным, подвергался достаточно интенсивному облучению (вокруг палаты с больным все ближайшие палаты были пустые — на нижних и верхних этажах и по бокам).

Мы обязаны поклониться всему медицинскому персоналу, начиная от приемного покоя, клинических отделений, стерильных боксов, специализированных кабинетов, персоналу лабораторий, и кончая сотрудников дозиметрических постов, за их самоотверженный труд.

Подходили сроки гибели больных. Возникла необходимость решения ряда весьма специфических задач, связанных с захоронением: определение места группового захоронения, глубина захоронения с гарантией отсутствия повышенного радиоактивного фона над могилой, защита водителей машины-катафалка и машины-перевозки трупа в морг и многие другие. Эти вопросы решались под постоянным контролем Ю.Г. Григорьева.

Конечно, обстановка была «постоянно чрезвычайной» и возникали непредвиденные ситуации.

13 мая умер первый больной от острой лучевой болезни. Патологоанатомы отказались брать труп к себе, так как он был весь «грязный», то есть на его теле находились радиоактивные элементы выброса и тело очень сильно «фонило». Солдаты полка гражданской обороны

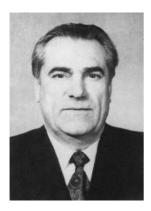


Рис. 11. Заместитель Министра здравоохранения СССР Евгений Иванович Воробьев.

принесли труп в приемный покой и положили в ванную. Нужно было отмыть труп, но все отказались. Сотрудники приемного покоя обратились ко мне с просьбой разрешить этот вопрос. Положение было безвыходное. Тогда я надел защитный костюм, взял щетку на длинной ручке и с помощью этой щетки и воды, которая подавалась из шланга, попытался отмыть труп. Вот такой «героический» поступок я совершил.

С первого дня вел краткие записи — «дневник» и продолжал это делать позднее в Чернобыле. Сейчас,

когда я его просматриваю, еще раз убеждаюсь, что только в нашей стране могли справиться с этой трагедией. Еще раз хочу с большим удовлетворением высказать свою точку зрения о высоком профессионализме врачей-радиологов клинического отдела Института биофизики и его руководителя профессора Ангелины Константиновны Гуськовой.

14 мая мне позвонил заместитель Министра МЗ СССР Евгений Иванович Воробьев (ранее начальник 3-го ГУ) и сказал: «Юра, завтра ты должен быть в аэропорту Домодедово в 11:00, полетишь в Чернобыль и заменишь Леонида Андреевича Ильина в Правительственной Комиссии от Минздрава (рис. 11). Все согласовано. Тебя ждут. Ильин свой срок отработал и «нахватал» прилично». С Евгением Ивановичем мы дружили более 50 лет и, конечно, мы были на ты. Я наши отношения не афишировал и ни разу не использовал в служебных целях.

В аэропорту я понял, что идет замена всего состава Правительственной Комиссии (срок работы на ЧАЭС

был ограничен). Со мной летели четыре заместителя Министра различных министерств, несколько сотрудников КГБ. Мы приземлились в Киеве, пересели в вертолет и полетели в ад, в прямом смысле этого слова. Вертолет облетел разрушенный реактор, брошенный населением город Припять, никому не нужную «зараженную» технику, брошенные поля и деревни.

В штабе, который располагался в Чернобыле, для МЗ была выделена комната, где я встретился с Леонидом Андреевичем. Мы обнялись, поцеловались и с этого момента перешли на ты. Леонид Андреевич передал мне некоторые документы, дал характеристику радиационной обстановки на реакторе, в Припяти и Чернобыле, в 30-километровой зоне. Он представил меня некоторым членам Правительственной Комиссии и ее председателю Силаеву Ивану Степановичу, заместителю Председателя Совета Министров СССР.

Я включился в общий ритм работы: 10:00 — оперативка, поездка в основном по вопросам радиационной безопасности по объектам и службам, которые производили различного рода работы на объекте. Участие в оперативных совещаниях. В 21:00 опять заключительное оперативное совещание и поездка на ночлег вне 30-километровой зоны, ужин и около часа ночи отход ко сну. В 7 часов утра подъем. На сон оставалось около 5 часов. Через несколько дней я понял, что принятый режим работы неправильный. Я переговорил с председателем Правительственной Комиссии И.С. Силаевым и объяснил ему, что работа в таком режиме может привести к срыву психического состояния наших коллег, к ошибкам при принятии решений. Он согласился со мной, и срок вечерней оперативки был перенесен на 8 часов.

Ко мне была прикреплена машина «Волга». Это облегчало мое передвижение по Чернобылю и в 30-километровой зоне. На территорию АЭС надо было ехать в

бронетранспортере. Препятствий для передвижений я не имел, так как я имел пропуск, в котором было написано «ВСЮДУ» (рис. 12).



Рис. 12. Пропуск, дающий право посещения всех аварийных объектов на ЧАЭС.

Несколько раз мне пришлось посетить станцию, четвертый блок, оценить условия работы шахтеров, которые рыли котлован под останками взорвавшегося реактора для заливки его бетоном. Везде приходилось объяснять, как пользоваться средствами индивидуальной защиты и настойчиво требовать пользоваться ими. Была проблема, связанная с курением в зонах высокой радиоактивности. Это был реальный путь попадания радиоактивных источников в организм. Например, многие, работающие в штабе, выходили на улицу, садились на рядом стоящие скамейки и бесконечно курили. На оперативном совещании было принято очень простое решение — убрать эти скамейки, создать неудобство для курящих и тем самым хоть немного уменьшить попадание радиоактивной «грязи» в организм.

Много времени уходило на разговоры по телефону. Звонили из Минздрава, из нашего Института, население предлагало различные народные средства лечения и т.д. В Институте биофизики по моей просьбе была создана «фармакологическая» комиссия под председательством профессора К.С. Мартиросова. Я ему передавал все поступавшие предложения о народных средствах профилактики и лечения лучевых поражений.

Многие вопросы мы решали на месте с представителем 3-го ГУ Александром Владимировичем Сорокиным, а также с постепенно прибывающими сотрудниками нашего Института. Был очень внимателен к моим просьбам заместитель Министра СРЕДМАШ 'а Лев Дмитриевич Рябев.

20 мая приехал в Чернобыль новый председатель Правительственной Комиссии, председатель Госснаба Союза Лев Алексеевич Воронин, который был также внимателен ко всем нашим предложениям по медикогигиенической профилактике и защите.

Серьезная проблема возникла с пожарными. Некоторые их посты располагались на самой атомной станции в зоне четвертого блока, где уровни радиации были очень высокими. Пожарный за неделю при участии в сменном дежурстве мог облучиться в дозе, примерно, 20 рад. Я вмешался в эту ситуацию, обратился к члену Правительственной Комиссии, заместителю Министра МВД Н.И. Демидову и начальнику объединенной пожарной охраны В.М. Максимчуку с определенными требованиями: каждый пожарный должен нести дежурство на территории в зоне 4-го блока только в течение 2 часов в неделю, пользоваться респиратором, раз в 10 дней проходить медосмотр и в эти сроки определять число лейкоцитов. Предложил осуществить локальную защиту пожарных на этих постах: из свинцовых блоков сделать заграждение, примерно, на уровне груди пожарного. Это позволяло снизить поглощенную дозу на костный мозг, прежде всего, тазовых костей, что в последующем оптимизировало

процесс лечения. Это предложение было принято и реализовано. Между тем, к 25 мая уже 47 пожарных находилось в госпитале.

Возникла проблема и с сотрудниками ГАИ. Структура передвижения транспорта в Чернобыле резко изменилась. Радиоактивный грунт перевозился на грузовиках по второстепенным дорогам, а главная дорога, которая была связана с центральной площадью, интенсивно практически не использовалась, дорожные знаки потеряли свою значимость, светофоры не работали. Движение транспорта регулировалось только сотрудниками ГАИ. Однажды ко мне пришел офицер – сотрудник ГАИ и сказал, что он дежурит на перекрестке вблизи штаба и у него на индивидуальном дозиметре показывает уже 25 рад, а тревоги со стороны его руководства нет, и он продолжает ежедневно выполнять свои обязанности. Конечно, проведя достаточно жесткий разговор с заместителем Министра МВД Н.И. Демидовым, эту проблему мы решили, и в дальнейшем, более строго осуществлялся контроль за «набранными дозами» у сотрудников ГАИ.

Совершенно неожиданно передо мной встала проблема оказания амбулаторной помощи ликвидаторам. Городская поликлиника не работала, а ко мне стали обращаться ликвидаторы с просьбой оказать им ту или иную амбулаторную помощь (зубная боль, отравление, обострение гастрита и т.д.). Было ясно, что надо принимать «стабильные» решения, исходя из постоянной работы ликвидаторов в течение длительного срока в Чернобыле. Я связался с Министром Минздрава Украины А.Е. Романенко, и мы начали организовывать многопрофильную поликлинику в Чернобыле. Был организован кабинет психоэмоциональной разгрузки, так как для меня было ясно, что многие сотрудники штаба уже находились в стрессовом состоянии. Причиной этому являлись очень сложная ситуация с реактором, напряженная и от-

ветственная работа всего штаба. Ситуация в Чернобыле была очень похожа на фронтовую обстановку, которую я сам пережил в 1943-1944 годах.

21 мая в Киеве состоялось заседание актива Обкома КПСС, на котором был заслушан мой доклад о текущей ситуации в 30-километровой зоне и в Киеве. В Киев меня командировал председатель Правительственной Комиссии. Заседание проходило в очень большом зале в присутствии около 600-800 человек. Для меня было важно донести до партийного актива взвешенную точку зрения специалиста, получившего многолетний опыт по проблеме радиационной безопасности в Институте биофизики МЗ СССР. Я понимал, что большинство из присутствующих оценивают ситуацию не профессионально и считают, что Украина по вине Центра погибает. Надо было сделать так, чтобы мне поверили в моих оценках, как специалисту. Дальнейшие события с Л.А. Ильиным, М.Г. Шандалой и А.Е. Романенко, которые были объявлены персонами нон грата, подтвердили правильность моих предположений. Своим докладом и в ответах на многочисленные вопросы я смог, как мне показалось, заставить присутствующих более объективно и без паники оценить складывавшуюся ситуацию с позиции руководителей области.

В тот же день Правительство Украины принимало делегацию послов многих стран, прибывшую из Москвы. Тема была одна — состояние на ЧАЭС и медицинские последствия. Председатель Совета Министров УССР А.П. Ляшко попросил меня предварительно заехать к нему и принять участие в этой встрече. Встреча с А.П. Ляшко продолжалась около часа, а потом вместе с ним мы перешли в зал приемов, где уже ожидали нас иностранные гости. Это была очень тяжелая и длительная беседа. Свои ответы я построил на базе хороших знаний и подготовки по проблеме радиационной безопасности.

В 20-х числах мая в Чернобыле стали появляться корреспонденты, представители киностудий. На очередном оперативном совещании 24 мая было решено создать пресс-центр во главе со мной (см. пометку в дневнике. – прим. автора) (рис. 13).

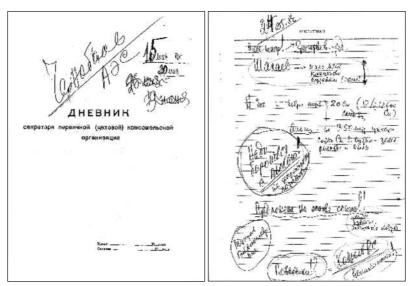


Рис. 13. Страницы из оперативного дневника участника ликвидации аварии Ю.Г. Григорьева на ЧАЭС. Апрель-май 1986 г.

После вечернего оперативного совещания мы все на своих машинах уезжали на ночь за 30-километровую зону в маленький город Иваньково. Там была так называемая гостиница. В комнатах стояли 2-3 железные кровати. Я спал на кровати, которую мне «передал» Л.А. Ильин. Ужинали и завтракали мы в «ресторане» при гостинице. Считалось, что в Иваньково уровень излучения значительно ниже. Я принял решение провести дозиметрический контроль в гостинице. Как я и ожидал, гостиница была прилично загрязнена. Например, уровень загрязнения кресел в ресторане достигал 3 мР/час.

В середине мая произошло событие, которое вновь вернуло нас к первому дню аварии. Ночью 26 мая возник пожар между блоками 3 и 4. Все члены Правительственной Комиссии в это время находились в Иваньково. Лев Алексеевич Воронин нам успел сказать, что на станции пожар, и мы все помчались в Чернобыль. Конечно, мое состояние было очень сложное: тревога, страх за возможные глобальные последствия. Одновременно я был собран и готов к принятию необходимых решений и действий. По-видимому, тревога до нас дошла слишком поздно, т.к. по дороге в Чернобыль уже двигались колонны пожарных машин из всех близлежащих населенных пунктов. Население Иваньково уже не спало, люди стояли вдоль дороги и провожали наши машины полным молчанием и тревожными взглядами, в которых можно было прочитать: «Опять случилось?». В штабе нам сообщили, что пожар потушен, «технических последствий» нет, никто не пострадал; причина пожара — загорелись кабели между аварийным 4-м и 3-м блоками.

На одном из оперативных совещаний было принято решение вылететь в г. Брагин и оценить радиационную обстановку с целью возможной эвакуации населения. Возглавлял эту группу Юрий Анатольевич Израэль. Утром следующего дня большая группа оперативного штаба вылетела на вертолете в г. Брагин.

С руководством города по существу вели переговоры Ю.А. Израэль и я. В городе проживало около 10 тыс. человек. Расчеты показывали, что население за год может быть облучено в суммарной дозе 6-7 рад. Мы рекомендовали временно вывести из города и района детей, активно проводить дезактивацию города и другие мероприятия. Чтобы хоть немного успокоить руководство города и убедить, что острая лучевая болезнь у населения не разовьется, я подробно рассказал им о результатах «Хронического эксперимента» (этот эксперимент будет описан достаточно

подробно ниже. — Прим. автора). Эксперимент был проведен на собаках, моделировалась радиационная обстановка при полете к Марсу, суммарные дозовые нагрузки были весьма относительно близкие к тем, которые оценивались в г. Брагине. Эти результаты были достаточно убедительны, и решение об эвакуации населения не было принято.

26 мая я попал в Чернобыле в автомобильную аварию. На перекрестке, на «Волгу», в которой я ехал, наехал «Камаз», груженный радиоактивным грунтом. Удар был с моей стороны, но я чудом остался жив. Меня отделяло расстояние от его мотора около 30 см. Я отделался легким сотрясением мозга. День полежал, день поработал, однако 29 мая меня отправили в Москву и положили в «родную» больницу № 6. Врачи энергично взялись за меня, провели обследование как общее клиническое, так и по оценки наличия радиоактивных веществ в организме, подлечили и я вскоре выписался.

В день выписки из больницы мне позвонил домой директор Института атомной энергии и Президент АН СССР Анатолий Петрович Александров. Он попросил меня дать ему подробную информацию о положении дел в Чернобыльской зоне по радиационной безопасности, о состоянии здоровья населения, как защищены ликвидаторы, используются ли респираторы. Он задал мне много других вопросов. Разговор продолжался около 15 минут, он меня не прерывал и внимательно выслушивал. Однако сам звонок мне домой и характер заданных вопросов позволил мне предположить, что Анатолий Петрович продолжает находиться под тяжелым прессом случившегося.

После выписки из 6-й больницы, в течение еще нескольких месяцев Юрий Григорьевич привлекался Л.А. Ильиным к анализу и обобщению материалов, связанных с медицинскими потерями при аварии на ЧАЭС. Совместно с сотрудниками Института А.К. Гуськовой, О.А. Павловским,

У.Я. Маргулисом, В.А. Книжниковым и др. были подготовлены доклады в МАГАТЭ, в 3-е ГУ, в МЗ СССР. Юрий Григорьевич Григорьев получил прямое указание от начальника 3-го ГУ срочно подготовить раздел отчета Правительственной Комиссии по разделу, где Минздрав был соисполнителем, и согласовать его с заместителями Министра Минздрава СССР О.П. Щепиным и Е.И. Воробьевым (рис. 14).

Телефонограмма » II9/A от II.02. 87 г.

Заместитель директора Института биофизики Минэдрава СССР т. Григорьеву Б.Г.

По указанию т. щепина О.П. прошу вас обобщить разделы Отчета Правительственной комиссии (разд. 7 и др. разделы, где Минздрав был соисполнителем) в одном томе, отредактировать его, представить на согласование т. щепину О.П., т. Воробьеву Е.И. и в 3 Главное Управление при Минздраве СССР, К работе привлекайте необходимых специалистов. Срок исполнения — 2 недели.

Подписал: Е.В. Бульженко

Передал: Дежурный по Главку Федоров.

Рис. 14. Очередное задание на срочное представление итоговых материалов по ликвидации аварии на ЧАЭС.

Юрий Григорьевич провел важную дискуссию по итогам событий по ЧАЭС с делегацией медиков из Скандинавских стран в АМН СССР. Он подробно рассказал им об уникальном опыте клинического отдела Института биофизики, о проделанном объеме работ по лечению больных с острой лучевой болезнью, о проводимых профилактических мероприятиях на ЧАЭС, как очевидец. На иностранных специалистов эта информация произвела сильное впечатление. Его заключение о том, что только наша страна могла справиться в острый период с этой ситуацией, было воспринято с полным пониманием.

По возвращении в Москву, им была подготовлена и издана памятка для населения по защите от атомной радиации и соответствующих две статьи для радиобиологов и врачей в журнале «Радиационная биология. Радиоэкология» и в БМЭ¹⁰ (рис. 15).



Рис. 15. Иллюстрация и титульный лист из «Памятки населению по радиационной безопасности».

Проблема оценки последствий аварии на ЧАЭС начала со временем постепенно «расползаться»: Украина пыталась удержать у себя ряд ценных материалов, в Институте медицинской радиологии АМН СССР начал создаваться Всесоюзный регистр по ликвидаторам, в Белоруссии были подключены к исследованиям последствий аварии ряд институтов и центров. Появились новые лич-

 $^{^{10}}$ Григорьев Ю.Г. Памятка населению по радиационной безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1990; *Он жее*. Радиационная безопасность на атомных электростанциях // Радиационная биология. Радиоэкология. 1987. Вып. 2. С. 147-153; *Он жее*. Атомная промышленность, радиационная безопасность на АЭС // БМЭ. 1988. Т. 29.

ности, претендующие на большой вклад в работу по ликвидации аварии на ЧАЭС. Особенно это было ясно видно из списка представленных сотрудников к правительственным наградам.

Конечно, работа с первого дня аварии на ЧАЭС в больнице № 6 и, затем, в Чернобыле была беспристрастной проверкой для Юрия Григорьевича накопленных знаний и жизненного опыта.

Пережитые события в конце апреля, в мае-июне 1986 года вернули меня и к воспоминаниям моего пребывания на фронте в 1943-1944 годах. Да и сейчас приходится возвращаться к Чернобыльским событиям — обращаются ко мне с соответствующими просьбами корреспонденты, телеведущие, родственники и друзья особенно после аварии на АЭС в Японии. Поступило много писем от зарубежных коллег с просьбами дать советы по защите их молодых семей, которые проживали в Японии во время аварии на АЭС. Отказать им в этих просьбах я не имел права. Просили опубликовать мои советы в зарубежных научных журналах: Grigoriev Y. Six first weeks after Chernobyl nuclear accident. J. The Environmentalist. 2012, № 1 (рис. 16).



Рис. 16. Вид полосы газеты «Трибуна» за 2001 год. Интервью Ю.Г. Григорьева.

ГЛАВА 2. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ. КОСМИЧЕСКАЯ РАДИОБИОЛОГИЯ

Юрий Григорьевич по приказу 3-го ГУ Минздрава в 1964 году принял участие в организации Института медико-биологических проблем МЗ СССР и возглавил исследования по космической радиобиологии, разработке нормативов для космонавтов, по радиационной безопасности пилотируемых космических полетов, создал соответствующую Государственную службу безопасности (рис. 17).

Пионерские работы по космической радиобиологии и физиологии в Институте биофизики Минздрава СССР

В 1950-1960 годы в ИБФ МЗ СССР уже проводились радиобиологические исследования по проблемам космической физики, радиобиологии и физиологии.

В начальный период подготовки запуска человека в Космос в Институте биофизики МЗ СССР начались исследования по космической физиологии, которые в последующем оказались определенным трамплином для проведения экспериментов по космической радиобиологии. Юрий Григорьевич Григорьев, занимавшийся вопросами радионейрофизиологии, активно включился в исследование устойчивости человека в условиях действия различных видов ускорений. Ему как физиологу-радиобиологу было ясно, что развитие космонавтики открывает необъятные пути для исследователя в области космической радиобиологии и физиологии.

Он предложил новый количественный подход к физиологической оценке состояния вестибулярного анализатора — прецизионный метод так называемой купулометрии.

ВЫПИСКА ИЗ ПРИКАЗА

ПО ТРЕТЬЕМУ ГЛАВНОМУ УПРАВЛЕНИЮ МИНЗДРАВА СССР

M 9I Ja

5 февраля 1964г.

г. Москва

Содержание:

по личному составу

В связи с реорганизацией Института биофизики Минэдрава СССР и передачей части научной тематики в Организацию п/я 3452, нижеследующих работников Института биофизики Минэдрава СССР, перевести с 10 февраля 1964г. в Организацию п/я 3452 на должности:

Доктора медицинских наук ГРИГОРЬЕВА Юрия Григорьевича — заведующего сектором № 2, он же заведующий отделом № 5 и лабораторией № 13.

ОСНОВАНИЕ: заявление сотрудника

п.п.и.о. НАЧАЛЬНИКА ТРЕТЬЕГО ГЛАВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИ МИНЗПРАВЕ СССР

в.козлов

Верно: Зам нач. ен ветиго

Рис. 17. Выписка из приказа о назначении на должность Ю.Г. Григорьева.

В 1970 году вышла совместная монография Ю.Г. Григорьева, Ю.В. Фарбер и Н.А Волоховой (рис. 18). В этой

¹¹ Григорьева Ю.Г, Фарбер Ю.В., Волоховой Н.А. Вестибулярные реакции: методы исследования и влияния факторов внешней среды. М.: Медицина, 1970.

книге были подробно изложены современные методические количественные подходы к оценке функционального состояния вестибулярного аппарата и его состояние при воздействии различных физических факторов внешней среды, в том числе Кориолисова ускорения и протонов в различных условиях облучения.



Рис. 18. Обложка и титульный лист монографии «Вестибулярные реакции: методы исследования и влияния факторов внешней среды».

Юрием Григорьевичем был создан стенд «Вращающаяся комната» для исследования Кориолисова ускорения, а также стенды для длительного вращения животных в течение нескольких месяцев и установка по купулометрии. Начали проводить соответствующие исследования, как на добровольцах, так и на экспериментальных животных по тематике космической физиологии. На рис. 19 представлен фрагмент исследований на добровольцах, которые размещались во вращающейся комнате.

Получаемые результаты вызывали интерес у руководства Космической программы СССР. Институт посетил научный руководитель космической программы, Пре-

зидент академии наук СССР, академик Мстислав Всеволодович Келдыш и заместитель Министра здравоохранения Аветик Игнатьевич Бурназян (рис. 20, 21).

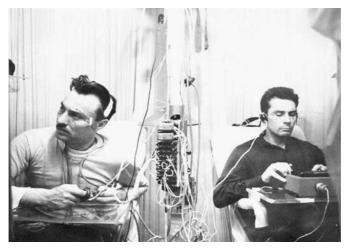


Рис. 19. Научные сотрудники Ю.В. Крылов и Б.И. Поляков на стенде «Вращающаяся комната» (исполнители Ю.Г. Григорьев, Ю.В. Фарбер, Б.И. Поляков).



Рис. 20. Слева направо: М.В. Келдыш, П.Д. Горизонтов, А.И. Бурназян и Ю.Г. Григорьев за обсуждением результатов исследований по куполометрии.



Рис. 21. А.И. Бурназян, Ю.Г. Григорьев, М.В. Келдыш и Е.Е. Ковалев за обсуждением результатов исследований на стенде «Вращающаяся комната».

Юрий Григорьевич Григорьев считал важным оценить и роли раздельных функций отолитового аппарата и полукружных каналов вестибулярного аппарата в реакциях космонавтов на различные виды ускорения. Возникла необходимость локально выключить функцию отолитов. Юрий Григорьевич на кафедре ЛОР ВМА им. С.М. Кирова освоил оперативное вмешательство во внутреннее ухо кролика под непосредственным руководством профессора К.Л. Хилова, лауреата Ленинской премии. Освоив операцию на купулярном и отолитовом анализаторах, Юрий Григорьевич решил использовать микроизотопный аппликатор, учитывая, что в Институте биофизики уже работал профильный отдел. Работа была выполнена совместно с А.Б. Малининым.

Были проведены эксперименты с однократным облучением протонами с энергией 510 Мэв, а также в условиях многократных воздействий. В качестве экспериментальных животных использовали собак и крыс. Однократные и дробные облучения проводились в дозах 250-690 сГр (для собак) и 100-1200 сГр (для крыс). Характеризовали клиническое течение лучевой болезни, состояние кровет-

ворения, проводили биохимические, иммунологические и патоморфологические исследования. В опытах на крысах оценивали смертность животных. Сопоставляя полученные результаты со «стандартным» видом излучения, исполнители пришли к выводу, что коэффициент ОБЭ протонов высоких энергий может быть равным единице. Однако данные по смертности крыс позволили определить коэффициент ОБЭ, который оказался равным 0,75, также было обращено внимание, что по критерию развития отдаленных эффектов коэффициенты ОБЭ могут увеличиться.

Не было получено достоверных различий в изменении функции вестибулярного анализатора у собак и кроликов после облучения гамма- излучением, рентгеновским излучением 180 кВ и протонами с энергией 130 МэВ.

Подробное изложение результатов исследований биологического действия протонов высоких энергий, выполненных сотрудниками ИБФ МЗ СССР в 1960-1962 гг. на синхроциклотроне ОИЯИ, читатель найдет в тематическом сборнике, предсталенном на¹² рисунке 22.



Рис. 22. Обложка и титульный лист сборника «Проблемы радиационной безопасности космических полетов. Физические и биологические исследования с протонами больших энергий»

¹² Проблемы радиационной безопасности космических полетов. Физические и биологические исследования с протонами больших энергий / под ред. Ю. Г. Нефедова. М.: Атомиздат, 1964. 239 с.

Начало работ по космической радиобиологии и радиационной безопасности пилотируемых космических полетов в Институте Медико-биологических проблем

В период выхода приказа о поручении А.В Лебединскому, Ю.Г. Нефедову, Е.Е. Ковалеву и Ю.Г. Григорьеву организовать ИМБП, как такового этого Института не было по факту. Пустое сооружение, предназначенное для ИМБП, числилось как предприятие п/я 3452. Конечно, предстояло укомплектовать Институт кадрами, привлечь профильных ученых, определить конкретную тематику ИМБП и организовать соответствующую стендовую и лабораторную базу.

Ю.Г. Григорьев был назначен заведующим отделом радиационной безопасности. Уже в течение первого года в отделе начались научные исследования. По рекомендации профессора Юрия Григорьева, мы остановимся только на основных результатах, полученных коллективом отдела под его руководством.

Моделирование облучения космонавтов при полете к Марсу. Результаты «Хронического эксперимента»

Для решения вопросов радиационной безопасности космонавтов в условиях длительных космических полетов с учетом хронического действия детерминированных источников ГКЛ и радиационных поясов Земли, а также возможного развития повторных солнечных протонных событий необходимо было экспериментально исследовать закономерности формирования радиационного поражения во времени в различных системах и на уровне организма в условиях хронического облучения с различной мощностью дозы и в результате повторных острых облучений в различных дозах. Было необходимо более точно описать

процессы восстановления на клеточном и тканевом уровнях и на уровне целого организма, тем самым улучшить точность модели эффективной дозы.

В 1963 году генеральным конструктором С.П. Королевым была поставлена задача: в многолетнем эксперименте исследовать переносимость возможных дозовых нагрузок на космонавтов в случае полета на Марс. Срок полета – 3 года.

Профессор Ю.Г. Григорьев предложил провести хронический эксперимент на крупных лабораторных животных с моделированием воздействия дозовых нагрузок и характера распределения дозы во времени на космонавтов за счет галактических и солнечных космических лучей во время экспедиции на Марс, вошедший в историю радиобиологии под названием «Хронический эксперимент».

Было предложено провести облучение собак в трех диапазонах годовых доз. При минимальном уровне доз, превышающем в 5 раз нормативный уровень на Земле, предполагалось формирование нормальных адаптационных процессов без особого напряжения со стороны регуляторных систем организма, то есть при этом уровне воздействия не должны были развиться патологические эффекты. Предполагалось, что полученные данные могли быть использованы для дополнительного обоснования нормативных уровней радиационного воздействия для профессионалов атомной промышленности или при аварийной ситуации. В 1986 году при аварии на ЧАЭС результаты этого эксперимента сыграли решающую роль при решении вопроса о выселении населения одного из городов Белоруссии.

При среднем диапазоне доз, близком к возможному реальному сценарию воздействия космических излучений на космонавтов, предполагалось возможным оценить степень напряжения регуляторных механизмов, изучить характер развития компенсаторных процессов и оценить



Рис. 23. Заместитель Министра здравоохранения СССР А.И. Бурназян.

также возможные неблагоприятные патологические проявления.

Третий уровень годовых доз, на основе имеющегося многолетнего опыта должен был вызвать четкие патологические изменения в критических системах организма. Этот уровень доз моделировал бы радиационное воздействие на космонавтов при развитии нештатных ситуаций, например во время развития мощных СПС при осуществлении длительной экспедиции к Марсу. Выбор доз при проведении этого

многолетнего эксперимента был очень ответственной задачей, и потребовал детального анализа результатов предшествующих экспериментов и длительных обсуждений.

Постановка эксперимента давала возможность оценить реакции различных систем организма, изменение работоспособности и жизнеспособность опытных животных в результате 3-летнего и 6-летнего круглосуточного ежедневного радиационного воздействия в пяти режимах, различных по характеру и величинам суммарных доз облучения за год. Эта идея была поддержана заместителем Министра здравоохранения СССР А.И. Бурназяном (рис. 23), академиками А.В. Лебединским и В.В. Париным

Масштабный, не имеющий аналогов в мире эксперимент по облучению в течение 3 и 6 лет большой партии собак был начат в 1966 году и продолжался в течение 14 лет.

В эксперименте принимали участие коллективы нескольких институтов СССР: Института медикобиологических проблем Минздрава СССР, Института биофизики Минздрава СССР (ныне ФГБУ ГНЦ ФМБЦ

им. А.И. Бурназяна ФМБА России) в Москве, Центрального научно-исследовательского рентгенорадиологического института в Санкт-Петербурге, а также ученые биологи и медики Польши, ГДР, Чехословакии, Венгрии и Болгарии.

Работа координировалась специально созданным Юрием Григорьевичем научным советом, в который входили ведущие радиобиологи страны: С.Н. Александров, Ю.Г. Григорьев (председатель), А.К. Гуськова, Г.Д. Байсоголов, Ю.И. Москалев, В.В. Шиходыров, Е.Д. Гольдберг, Ю.К. Кудрицкий, Н.Г. Даренская, Л.С. Черкасова, Е.А. Савина, В.И. Яковлева и др. (рис. 24).

Программа эксперимента во всех деталях подробно обсуждалась на научных совещаниях. Окончательно научная программа этого эксперимента была одобрена академиком В.В. Париным. Это был уникальный эксперимент, результаты которого освещались в престижном в то время журнале «Советский Союз» и были представлены на Выставке достижений народного хозяйства в павильоне «Космос».



Рис. 24. Обсуждение программы и первых результатов «Хронического эксперимента». В президиуме (слева направо): академик В.В. Парин, профессора Г.Д. Байсоголов, Ю.Г. Григорьев и А.К. Гуськова.

Научным руководителем эксперимента был Ю.Г. Григорьев. Все подготовительные работы и проведение этого эксперимента в течение 16 лет осуществляли сотрудники двух базовых лабораторий: радиобиологической и физической (заведующие Б.А. Маркелов и В.И. Попов). Этот эксперимент был назван «Хронический эксперимент». Был разработан комплекс из 52 установок с источником 60 Со для хронического облучения около 250 собак, моделирующего воздействие галактических космических лучей и специальная установка для острого гамма-облучения, моделирующего воздействие солнечных космических лучей при полете к Марсу.

Эксперимент проводился в Институте медикобиологических проблем на загородной базе «Планерная». Дозиметрию в течение 6-летнего периода облучения животных осуществляли В.В. Юргов и А.В. Шафиркин.

Регулярные медико-биологические обследования животных проводили в основном сотрудники отдела № 8: Т.П. Цесарская, А.В. Илюхин, М.Г. Петровнин, В.И. Корчемкин, Л.Л. Семашко, Т.Е. Бурковская, Т.М. Зухбая, Э.С. Зубенкова, Е.П. Сизан, А.А. Ахунов, А.Г. Изергина, Н.Л. Федорова, З.А. Виноградова и др.

Основная задача данного эксперимента состояла в том, чтобы по результатам клинических, физиологических, гематологических, иммунологических, морфологических и ряда других исследований получить данные о пороговых уровнях лучевого воздействия, об изменении функционального состояния организма собак во время длительного (до 6 лет) хронического и сочетанного (хроническое и острое) их облучения, моделирующим дозовые нагрузки от ГКЛ и СКЛ при полете на Марс. Кроме того было важно исследовать возможные отдаленные последствия радиационных воздействий на протяжении всей последующей жизни подопытных собак.

За собаками был установлен ежедневный ветеринарный контроль. Через каждые два месяца проводили глубокое комплексное обследование всех 246 собак с изучением практически всех систем организма в течение всех периодов облучения и в последующие 10 лет после хронического облучения до естественной гибели животных (ответственным исполнителем был Б.А. Маркелов). Для проведения этого многолетнего эксперимента (создание условий хронических и острых облучений, выборка опытных 246 собак из 1000 выловленных животных, проведение самого эксперимента и исследование отдаленных последствий до естественной гибели животных) потребовалось 20 лет. Условия работы были тяжелыми и требовало от исполнителей ежедневных чрезмерных усилий на протяжении проведения всего эксперимента.

В эксперименте были использованы беспородные собаки в возрасте от одного года до трех лет. Всех животных до начала исследований подвергли карантину, были проведены фоновые тщательные клинические и гематологические обследования. Животных содержали на открытых площадках в специальных круговых вольерах, разделенных на 6 секторов каждый.

Хроническое облучение собак проводили непрерывно по 22 часа в сутки с помощью укрепленных над вольерами гамма-облучательских установок «Люстра» с источниками излучения ⁶⁰Со. Экспериментальная база с вольерами для животных и источниками излучения представлена на рис. 25 и 26.

Особое внимание справедливо, по моему мнению, было уделено проблеме дозиметрии в этом уникальном эксперименте. Перед началом эксперимента были проведены подробные дозиметрические исследования дозовых полей на установках «Люстра» для хронического облучения, моделирующего воздействие ГКЛ, и на установке «Кобальт» для острых облучений, характерных для воздействий СКЛ.

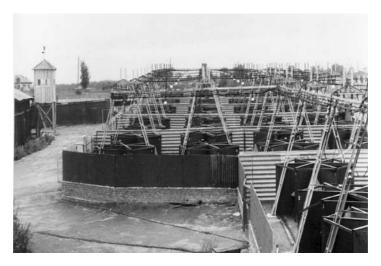


Рис. 25. Площадки для хронического облучения собак.

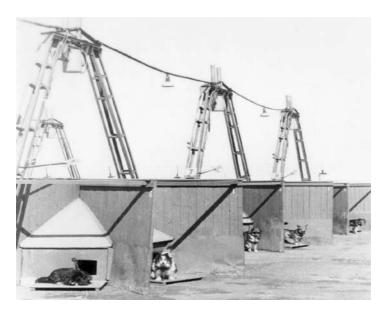


Рис. 26. Вольеры-«звездочки» с экспериментальными животными.

Градуировку дозиметрической аппаратуры проводили на разработанной в лаборатории В.И. Попова, получившей авторское свидетельство установке «Эталон», содержащей несколько гамма-источников 1-го разряда, аттестованных во ВНИИМ им. Менделеева в Ленинграде (рис. 27).

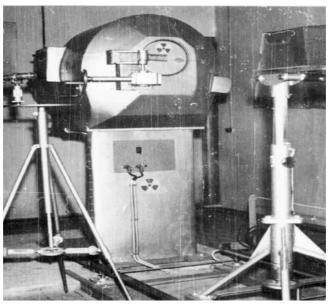


Рис. 27. Стенд «Эталон» для аттестации дозиметрической аппаратуры.

В этом метрологическом институте представлен эталон «рентгена». Точность дозных полей от источников 1-го разряда составляет 2-4 %, а точность градуировки дозиметрической аппаратуры с помощью установки «Эталон» в пределах 5-7 %. Авторами разработки градуировочного центра было получено авторское свидетельство (1973 г.).

Кроме исследования так называемых дозных полей, были проведены фантомные измерения поглощенных доз в различных органах собак с использованием гетерогенного

костно-парафинового фантома с моделированием легких. У каждой опытной собаки на шее находились индивидуальные термолюминесцентные дозиметры. Дозиметрию на гамма-облучательских установках и индивидуальную дозиметрию осуществляли в течение всего 6-летнего периода облучения собак.

В качестве дополнительного климатического контроля часть собак располагали в теплых помещениях также под установками «Люстра». Была под наблюдением контрольная группа собак, которые содержались в таких же вольерах, но «Люстры» были без ⁶⁰Co (Sham control).

Результаты фантомных измерений показали, что среднетканевая доза хронического облучения за год у животных этих групп составляла соответственно 21, 62 и 125 сГр. Собак 4-й и 5-й групп, кроме хронического облучения в дозе 62 сГр в год, подвергали дополнительно трем острым облучениям в год с интервалом 4 месяца, моделирующим острое радиационное воздействие от СКЛ, на гамма-облучательской установке «Кобальт». Каждое воздействие в 5-й группе осуществляли в среднетканевой дозе 42 сГр (суммарная доза за год 188 сГр). В 4-ой группе среднетканевая доза острых воздействий в течение года распределялась как 42, 8 и 8 сГр (суммарная доза за год 120 сГр). Шестая группа являлась контрольной: собаки содержались в тех же условиях, но без облучения.

Кроме чисто хронического облучения (три группы собак) и сочетанного воздействия, была группа животных с оценкой эффективности средств профилактики и терапии. Продолжительность облучения основной партии животных составляла 6 лет. Часть животных была выведена из облучения после 3 лет.

В табл. 1 представлены данные по дозовым нагрузкам у животных пяти облучаемых групп.

Группа	1	2	3	4	5
Максимальная поверхностная доза при хроническом облучении	25	75	150	75	75
Среднетканевая доза при хроническом облучении за год	21	62	125	62	62
Среднетканевая доза трех острых облучений за год		_		42+8+8	42+42+42
Суммарная среднетканевая доза за год	21	62	125	120	188

Обследования животных осуществляли в течение всей их жизни. В процессе многолетнего облучения и после его окончания у собак исследовали общий клинический статус, изучали обмен веществ на основе биохимического анализа крови и тканей, проводили морфологические и цитокинетические исследования гемопоэтической ткани, определяли состояние высшей нервной деятельности, сердечно-сосудистой системы в обычных условиях и при использовании функциональных нагрузок, оценивали состояние вестибулярного анализатора, изучали сперматогенную функцию и способность производить потомство, проводили гистологические исследования различных органов и тканей и ряд других специальных исследований.

Наблюдение за животными осуществляли в течение 14 лет, до естественной гибели всех опытных собак.

Учитывая уникальность этого радиобиологического эксперимента и важность полученных результатов, представляется целесообразным более подробно представить в этой главе динамику развития функциональных изменений и лучевую патологию по группам с различной лучевой нагрузкой.

Так, с первого года облучения отмечены начальные изменения в радиочувствительных обновляющихся клеточных системах: кроветворной ткани и сперматогенном эпителии. Они были статистически достоверными и в наибольшей степени выраженными у животных 3-5-й групп.

Уже через 6 месяцев с использованием пирогеналовой пробы было выявлено существенное снижение костномозгового резерва гранулоцитов в этих группах (рис. 28).

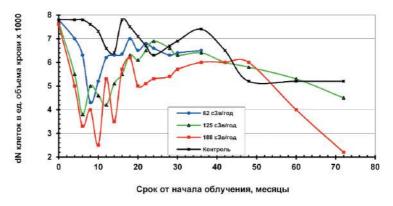


Рис. 28. Костномозговой резерв гранулоцитов (КМРГ) у собак в процессе облучения с различной мощностью дозы.

Степень снижения реакции на пирогенал зависела от мощности дозы и от длительности облучения. Через 8-10 месяцев отмечено усиление компенсаторных процессов и восстановление показателей костномозгового резерва гранулоцитов, несмотря на продолжающееся облучение и поражение молодых способных к делению клеток белого

ростка. Это достигалось снижением длительности цикла промиелоцитов и миелоцитов с 28 до 10 часов. Наблюдалась значительная напряженность гемопоэза, особенно в белом ростке, поскольку жизнеспособность гранулоцитов была уменьшена, и период полувыведения их из кровотока был также сокращен.

Это легко можно было наблюдать по характеру изменения митотической активности миелоидных элементов в костном мозге (рис. 29).

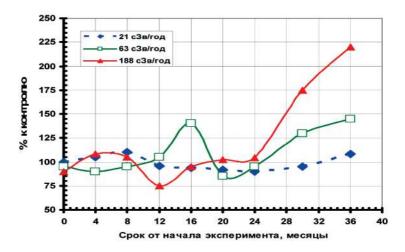


Рис. 29. Характер изменения митотической активности миелоидных элементов в костном мозге собак в 1, 2 и 5-й группах.

При малом уровне хронического облучения в 1 группе (21 с3в/год) наблюдаются незначительные изменения митотической активности по сравнению с контролем (в пределах \pm 10 %). Но уже во второй группе при хроническом облучении с мощностью дозы 62 с3в/год заметно возрастание напряженности гемопоэза в белом ростке. Отчетливо видно две волны усиления пролиферативных процессов после первого и второго года облучения. Наи-

более сильное увеличение напряженности гемопоэза, как видно из данных рис. 30, имело место в 5-й группе с максимальной дозовой нагрузкой (188 сЗв/год).

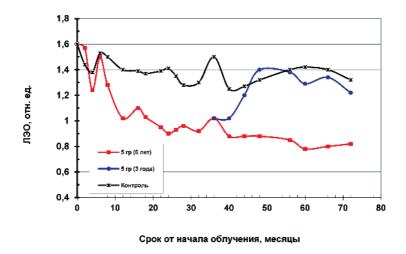


Рис. 30. Лейкоэритробластическое отношение (ЛЭО) костномозговых клеток у собак 5-ой группы в процессе 3-х и 6-ти летнего облучения.

Процесс дифференцировки клеток костного мозга оказался сдвинут в сторону красного ростка кроветворения с целью максимального обеспечения дыхательной функции крови.

К концу первого года эксперимента у собак наблюдали заметное угнетение белого ростка кроветворения и снижение лейкоэритробластического отношения.

В первой группе при наиболее низких уровнях гаммаоблучения (0,058 сГр/сут) отмечено лишь увеличение лабильности значений показателей периферической крови, а при мощности дозы 0,17 сГр/сут наблюдали достоверное снижение числа лейкоцитов, а также повышение уровня ретикулоцитов и эритроцитов крови у собак. К концу второго года облучения наступала стабилизация клеточного состава периферической крови и костного мозга экспериментальных животных, несмотря на уменьшающееся количество молодых делящихся клеток в костном мозге.

Средний уровень концентрации костномозговых клеток белого ряда, как и число лейкоцитов в периферической крови, оставались в 5-й группе с максимальной дозовой нагрузкой в пределах нижней границы нормы и не снижались более чем на 30 %. Это происходило, однако, как отмечено выше, за счет существенного напряжения со стороны регуляторных систем организма и значительного усиления пролиферативной активности способных к делению клеток и сокращения длительности клеточного цикла миелобластов, промиелоцитов и особенно миелоцитов (приблизительно в 2-2,8 раза). Еще интенсивнее происходило обновление клеток и в красном ростке. Уже в начальном периоде облучения у собак отмечали значительную активацию эритропоэза. Она проявлялась в увеличении пролиферативной активности эритробластических элементов и возрастании относительного числа полихроматофильных эритробластов (рис. 31). По данным цитокинетических исследований получено уменьшение периода полувыведения Т1/2 эритроцитов из кровотока и увеличение костномозговой продукции эритроцитов.

Уникальные материалы были получены по следующей критической системе – сперматогенезу.

Количественно и качественно спермопродукцию и оплодотворяющую способность собак изучали Н.Л. Федорова и Б.А. Маркелов, гистоморфологические исследования проводили Г.И. Плахута-Плакутина, Е.А. Савина, В.И. Яковлева, цитокинетические и цитохимические исследования семенников – В.Г. Кондратенко и Л.Ф. Ганзенко. На рис. 34 представлена динамика изменения концентрации сперматозоидов (млн/мл) у собак контрольной и хронически облучаемых групп в процессе трех- и шестилетнего облучения, а также после его окончания.



Рис. 31. Динамика изменения концентрации эритроцитов во времени:

1 и 2 — животные 3-й группы (пунктирная кривая для собак, облучавшихся 3 года); 3 и 4 — животные 5-й группы с максимальной дозовой нагрузкой; 5 — собаки контрольной группы.

Как видно из рисунка, облучение с наименьшей мощностью дозы 21 сГр/год (0,06 сГр/сут) уже приводило к снижению концентрации сперматозоидов, начиная с 20-го месяца эксперимента, хотя отклонение от контроля не превышало размаха варьирования значений у животных контрольной группы и степени изменения показателя у них во времени. Как свидетельствуют данные настоящего эксперимента и результаты литературы абсолютное количество сперматозоидов, и их концентрация являются достаточно лабильными показателями, в норме изменяющимися в 1,5-2 раза и даже более.

Увеличение мощности дозы до 62 сГр/год (0,17 сГр/сут) приводило к значительному отклонению концентрации сперматозоидов от контроля, начиная с 8-10-го месяца облучения. Глубина изменений была лишь несколь-

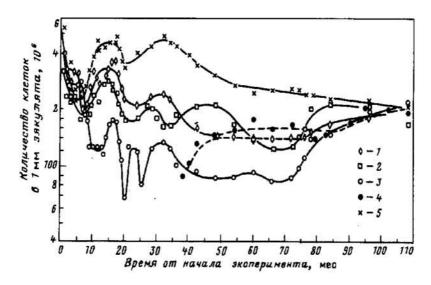


Рис. 32. Динамика изменения концентрации сперматозоидов в эякуляте у собак при хроническом облучении:
1 и 2 — животные 1 и 2-й групп соответственно;
3 и 4 — животные 3-й группы (пунктирная кривая и зачерненные знаки для собак, облучавшихся 3 года);
5 — контрольная группа.

ко большей, чем у животных 1-й группы. При облучении в суммарной дозе 125 сГр/год (0,34 сГр/сут) происходило существенное снижение концентрации сперматозоидов, которое отмечалось приблизительно в те же сроки, то есть начиная с 8-10-го месяца облучения, затем нарастало со временем и достигало к концу 2-го года приблизительно 25-30 % уровня концентрации у контрольных животных. Характер изменений концентрации сперматозоидов с начальным отклонением от значений у контрольных животных и выходом на новый, зависимый от мощности дозы уровень, может быть объяснен развитием равновесного состояния, когда процессы инактивации клеток компенсируются усилением регенерации в ткани и увеличением продукции клеток.

Данный характер изменений является общим для обновляющихся тканей в организме и в значительной степени согласуется с изменениями в системе кроветворения, отмеченными нами выше. Достоверность гипотезы характеризуется изменениями концентрации сперматозоидов в зависимости от мощности дозы и возвращением показателей к норме у собак всех групп в случае прекращения облучения после трех и шести лет облучения.

На рис. 33 представлена динамика изменения концентрации сперматозоидов у животных 4-й и 5-й групп с сочетанным облучением. У собак 4-й группы не удается отметить реакцию системы на повторные воздействия в дозе 8 сГр, наносимые с интервалом 4 месяца. Однако кинетика изменений в ответ на острые воздействия в дозе 42 сГр, осуществляемые один раз в год, проявилась достаточно четко и степень изменений при каждом следующем воздействии оказалась приблизительно одинаковой. Воздействие в указанной дозе приводило, как правило, к начальному уменьшению концентрации сперматозоидов через 2 месяца после облучения. Усиление дегенеративных процессов происходило в последующие 4 месяца, так что минимальный уровень концентрации клеток приходился на 6-й месяц после очередного облучения.

Уменьшение количества клеток в ответ на каждое облучение было приблизительно 8-10-кратным, что свидетельствовало о высокой радиочувствительности сперматогенного эпителия. Через полгода после облучения отмечено начало восстановления концентрации сперматозоидов. Это связано с усилением регенераторных процессов в эпителии, в результате которых через полгода к началу следующего воздействия происходило восстановление численности сперматозоидов.

Кинетика развития поражения в сперматогенном эпителии в значительной степени связана с указанными различиями в радиочувствительности отдельных стадий

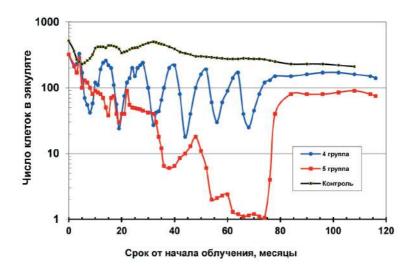


Рис. 33. Изменение концентрации сперматозоидов у собак в группах с сочетанным облучением и в контроле (млн/мм³).

сперматогенеза и длительностью нахождения клеток под облучением. Многократное повторение однотипной картины изменения концентрации сперматозоидов позволило оценить некоторые цитокинетические параметры сперматогенеза. Длительность сперматогенного цикла в норме у собак может, по-видимому, достигать 180 суток, причем стадии от сперматогоний типа Б до сперматозоидов клетки происходят за период, приблизительно равный 60 суткам. Время полуобновления сперматозоидов, полученное на основе анализа скорости уменьшения их концентрации, оказалось равным приблизительно 40 суткам.

Восстановление концентрации сперматозоидов от воздействия к воздействию замедлялось. Период полувосстановления поражения в ткани, выражался логарифмическим показателем в виде $\left| \lg \left(N/N_0 \right) \right|$, где N_0 – концентрация сперматозоидов перед текущим облучением у собак

контрольной группы после первого, второго, третьего и пятого воздействий, был соответственно равен 69, 77, 90 и 138 суткам. Тем не менее, существенного увеличения поражения в этой группе не происходило, так как к началу следующего воздействия (через 365 суток) поражение от предыдущего воздействия успевало практически восстановиться. Средняя глубина поражения у собак 4-й группы незначительно отличается от поражения у собак 3-й группы с близкими уровнями доз облучения за год.

Максимальная величина поражения у животных 4-й группы с сочетанным хроническим и острыми облучениями была большей, чем при только хроническом облучении (3 группа), что обусловлено в основном острыми воздействиями в дозе 42 сГр. Концентрация сперматозоидов в эти периоды составляла 7-10 % от контроля.

В 5-й группе острые радиационные воздействия в дозе 42 сГр проводили через 4 месяца. Каждое последующее облучение соответствовало по времени периоду развития радиационного поражения от предыдущего. Поражение в системе аккумулировалось от воздействия к воздействию. В связи с этим у животных этой группы наблюдалось неуклонное снижение концентрации сперматозоидов через 3 года приблизительно в 30 раз, а к концу 6-го года в 300 раз до уровня менее 1 %.

Наряду с уменьшением концентрации сперматозоидов имело место значительное снижение их подвижности и возрастание относительного числа атипичных (менее жизнеспособных) форм клеток. Все это приводило к значительному снижению воспроизводительной способности самцов в 3-5 группах.

Отмечено прогрессирующее уменьшение процента беременных самок, числа щенят в помете и увеличение числа мертворожденных щенков. В 5-й группе животных к концу 3-го года эксперимента наблюдали полную стерильность самцов.

После прекращения 6-летнего облучения восстановление концентрации сперматозоидов у собак 3 и 5-й групп наблюдали, начиная с 4-го месяца пострадиационного периода, и уже к 8-му месяцу она достигала приблизительно 30 % от нормы. По завершении относительно быстрого восстановления в начальном периоде, в последующем скорость восстановления резко замедлялась. Период полувосстановления поражения в системе сперматогенеза, характеризующий медленную стадию восстановления, в 3 и 5-й группах оценен равным 240 и 600 суткам соответственно.

В результате проведенных гистологических исследований обнаружены отчетливые структурные изменения в ряде органов и тканей у облученных животных по сравнению с контрольными. Из структур центральной нервной системы, наиболее выраженные нарушения обнаружены в коре головного мозга и гипоталамусе. Изменения в лобной и затылочной долях коры головного мозга, в гипоталамусе оказывались более выраженными у собак с большей дозовой нагрузкой (3-5 группы) и нарастали во времени. Наблюдали некроз отдельных нервных клеток. Указанные изменения свидетельствовали о функциональной напряженности нейронов.

Эти результаты нашли свое подтверждение и находятся в согласии с данными другого более позднего исследования, в котором показано развитие нарушений в ЦНС у крыс в результате облучения в дозах 100-400 сЗв. Продемонстрировано значительное увеличение числа нейронов с дегенеративными изменениями в отдаленные сроки после облучения, причем они прогрессировали со временем.

В системе гипоталамус—гипофиз—кора надпочечников, в щитовидной железе в начале облучения отмечали активацию нейросекреции и гормональной активности желез, сопровождаемую их гиперплазией, которая после 3-х лет облучения в 3-5 группах сменялась истощением и

снижением функциональной активности желез. Отмечали, уже к концу 2-го года облучения при дозах 240-380 сГр, выраженное снижение гормональной активности желез. По мере нарастания суммарных доз, наряду с сохранением гипофункционального состояния, в большей степени проявлялись дистрофические изменения в виде склероза стромы и сосудов.

В эксперименте показано, что в гепатоцитах нарастало количество двуядерных клеток, развивались дистрофические изменения (появлялись множественные мелкие вакуоли, не дающие положительной реакции на липиды). При увеличении суммарной дозы степень и распространенность дистрофических изменений нарастали. Прогрессировали также склеротические изменения сосудов перипортальной ткани и центральных вен. Проведенные морфологические исследования показали также нарастание повреждений сосудов в почках, легких и в сердце, что способствовало развитию нарушений в системе кровообращения.

Таким образом, в целой совокупности систем, принимающих участие в регуляции физиологических функций организма и в осуществлении компенсаторноприспособительных реакций, наблюдали уменьшение функциональных возможностей этих систем и уменьшение их активности с увеличением мощности дозы и времени облучения. Это нашло свое выражение в недостаточности компенсаторных реакций организма, проявилось в виде неадекватных реакций на дополнительную физическую и тепловую нагрузку. Кроме того, как уже отмечалось выше, имело место уменьшение резервных возможностей в белом ростке системы кроветворения. Отмечали развитие морфологических нарушений в целом ряде органов и тканей, что указывало на более раннее развитие возрастных изменений, более быстрое истощение компенсаторных возможностей организма, что было особенно выражено у собак 3-5 групп. Уменьшение компенсаторных возможностей со стороны нейроэндокринной и сердечно-сосудистой систем, развитие дегенеративных и склеротических изменений в органах и тканях приводило к заметному снижению жизнеспособности организма, возрастанию частоты заболеваний и сокращению продолжительности жизни собак.

В 3-4 группах собак при дозах 360-372 сГр (величины, допускаемые в то время нормативными документами для космонавтов за весь период профессиональной деятельности) отмечено сокращении продолжительности жизни собак на 5 %. Более значительное сокращение продолжительности жизни на 25-30 % (на 3,5 года) наблюдали у собак 5-й группы после 3-летнего облучения в дозе 564 сГр (см. данные, представленные на рис. 34).

Таким образом, в результате проведенного эксперимента, были получены убедительные данные, характеризующие ответные реакции организма собак на шестилетнее облучение с различной мощностью дозы и с различными годовыми суммарными дозами.

В первой группе собак (среднетканевая годовая доза 21 сЗв рад) наблюдались отдельные слабо выраженные адаптивные / компенсаторные реакции, патологических изменений не было. Во второй группе собак (среднетканевая годовая доза 62 сЗв) были выраженные адаптивные реакции и отдельные функциональные изменения, которые имели тенденцию к восстановлению после окончания всего курса облучения. В третьей группе собак (среднетканевая годовая доза 125 сЗв) были выраженные патологические изменения.

В результате была получена хорошая зависимость «доза-эффект» в условиях хронического длительного облучения собак (в течение 6 лет). В группах с повторными острыми облучениями, моделирующими характер воздействия на космонавтов СКЛ, наблюдали более выра-

женные, нарастающие во времени некомпенсированные повреждения в разных системах и органах, подтверждающие необходимость организации мероприятий по защите космонавтов.

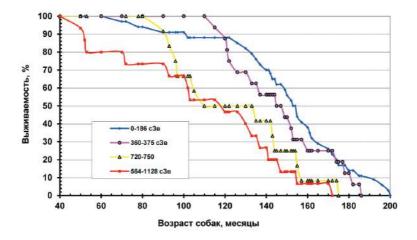


Рис. 34. Выживаемость собак после 3-х и 6-летнего облучения в различных дозах.

Результаты «Хронического эксперимента» были предметом подробного обсуждения на Всесоюзном симпозиуме «Хроническое действие внешнего гамма-облучения на организм собак», проходившем в г. Истра 16-20 октября 1972 г. В этом симпозиуме приняли участие ведущие радиобиологи страны: С.Н. Александров, Е.Д. Гольдберг, Н.Г. Даренская, С.А. Кезер, Ю.К. Кудрицкий, Н.Н. Лившиц, В.И. Стрельцова, Е.А. Черкасова, В.В. Шиходыров и др. (рис. 35).

Мы солидарны с Юрием Григорьевичем, что и в этом издании необходимо еще раз отметить большой вклад научных сотрудников радиобиологов ИМБП и ИБФ МЗ СССР в успешное проведение «Хронического эксперимента»: Т.П. Цесарской, А.Г. Изергиной, А.В. Илюхина, Т.Е. Бур-



Рис. 35. Ведущие радиобиологи СССР и исполнители (Всесоюзный симпозиум «Хроническое действие внешнего гамма-облучения на организм собак», г. Истра, октябрь, 1972 г.).

ковской, Т.М. Зухбая, Э.С. Зубенковой, Л.Л. Семашко, Н.Л. Федоровой, М.Г. Петровнина, А.А. Ахунова, Е.П. Сизана, В.И. Корчемкина, Д.Б. Антипенко, З.А. Виноградовой, В.А. Зуевой, В.Л. Янкелевич, П.И. Кумца, Ж.А. Заликиной, Л.А. Беспаловой, Г.А. Лебедевой, И.Д. Борисенко, Г.И. Плахута-Плахутиной, Е.А. Савиной, В.И. Яковлевой, В.Г. Кондратенко. Особую роль играл заведующий лабораторией Б.А. Маркелов, который умело сочетая свои научные возможности и личностные качества (твердость, настойчивость и умение организовать работу большого коллектива) обеспечил проведение такого сложного эксперимента на протяжении 16 лет без единого срыва.

Немалая роль в успехе «Хронического эксперимента» зависела от лаборантского состава. Работа с собаками всегда вызывает большие трудности, а в условиях проведения этого эксперимента требовались героические

усилия: сам эксперимент проводили на загородной базе «Планерная». Более 240 собак содержали на улице, зимой в мороз их надо было накормить два раза в день горячей пищей, расчистить снег перед их будками, привести собаку на обследование, вместе с научным сотрудником провести это обследование и т.д. Справедливо, что научный руководитель эксперимента выражает повторно благодарность Смеловым Светлане и Нине, Кряквиной Гале, Гуровановой Вале, Калининой Зине, Барановской Людмиле, Ромадиной Вале, Комраковой Гале, Самусевой Лене, Григорьеву Александру и многим другим помощникам.

Весьма ответственная работа по созданию и строительству облучательской базы, зарядке радиоактивным кобальтом всех облучательских установок и обеспечению их бесперебойной непрерывной работы в течение 6 лет, по проведению полного комплекса дозиметрических исследований лежала, прежде всего, на сотрудниках лаборатории № 9в: В.И. Попове, А.В. Шафиркине и В.В. Юргове, которые заслуживают высокой оценки.

Эксперимент является уникальным в мировой науке и трудно представить возможность повторения подобного исследования в какой-либо стране в будущем. Его результаты были отражены на выставке достижений народного хозяйства, журнале Советский Союз, в журнале Life Sciences and Space Research в 1972 г.

По материалам «Хронического эксперимента» было опубликовано более 50 работ, защищено 2 докторских и 9 кандидатских диссертаций только сотрудниками отдела ИМБП. Сотрудники-соисполнители ИМБП, а также Института биофизики МЗ СССР и ряда других институтов также защитили более десяти кандидатских и докторских диссертаций.

Результаты исследований были изложены в совместной монографии Ю.Г. Григорьева, В.И. Попова, А.В. Ша-

фиркина и Д.Б. Антипенко¹³ (рис. 36).

Книга вышла ограниченным тиражом 860 экземпляров, пользовалась большим спросом и стала поистине бестселлером из-за содержащегося в ней анализа экспериментальных материалов и обобщений результатов радиобиологических исследований на животных, проводившихся также в других лабораториях в СССР и в мире.

Фактически в этой книге впервые изложены материалы, дающие четкие представления о степени радиационной



Рис. 36. Издание монографии «Соматические эффекты хронического гамма-облучения».

опасности длительного воздействия малых ежедневных доз облучения, имитирующих воздействие галактических космических лучей и относительно острых облучений моделирующих возможную лучевую нагрузку от солнечных протонных событий. Она предвосхищала и прокладывала дорогу к Марсу и свидетельствовала, что радиация может быть одним из мощных факторов, лимитирующих полеты человека к этой далекой планете в условиях недостаточности зашиты.

Хочу еще раз обратить внимание читателей этой книги, что результаты «Хронического эксперимента» приобрели еще и другую значимость. Результаты отвечают на интересующий всех вопрос: что же это такое «малые дозы облучения» и к каким отдаленным последствиям

¹³ Соматические эффекты хронического гамма-облучения / [Ю. Г. Григорьев, В. И. Попов, А. В. Шафиркин, Д. Б. Антипенко]. – М.: Энергоатомиздат, 1986. - 195,[2] с.

они могут привести в отношении ухудшения здоровья человека. Председатель Совета по радиобиологии РАН, член-корреспондент АН СССР Е.Б. Бурлакова высказала пожелание о новом переиздании книги с подробным размещением материалов об этом уникальном эксперименте. Подобные эксперименты очень сложны, дорогостоящи и, по-видимому, не смогут быть повторены в мире. Ю.Г. Григорьев посетил в США базы для проведения аналогичных экспериментов, но возможности их имели множество существенных ограничений.

Расширенное переиздание этих уникальных данных сделано с учетом новых накопленных данных радиобиологических экспериментов, результатов санитарногигиенических и эпидемиологических исследований в совместной монографии А.В. Шафиркина и Ю.Г. Григорьева 14 (рис. 37).

Хочу еще раз обратить внимание читателей этой книги, что в мае 1986 года в связи с аварией на ЧАЭС при решении вопроса о выселении населения из г. Брагин (Белоруссия) в связи с повышением радиоактивного фона, профессор Ю.Г. Григорьев, будучи членом Правительственной Комиссии по ликвидации аварии в Чернобыле, представил результаты «Хронического эксперимента» и Правительственная комиссия, рассмотрев эти материалы, приняла решение не эвакуировать население из этого города.

По результатам «Хронического эксперимента» впервые в экспериментальных условиях при строгом

¹⁴ Межпланетные и орбитальные космические полеты. Радиационный риск для космонавтов = : Interplanetary and orbital space flights. The radiation risk to astronauts : радиобиологическое обоснование / А. В. Шафиркин, Ю. Г. Григорьев ; Российская акад. наук, Гос. науч. центр РФ − Ин-т мед.-биологических проблем, Федеральное мед.-биологическое агентство, ФГУ "Федеральный мед. биофизический центр им. А. И. Бурназяна". − Москва : Экономика, 2009. − 638.



Рис. 37. Издание монографии «Межпланетные и орбитальные космические полеты. Радиационный риск для космонавтов (радиобиологическое обоснование)».

дозиметрическом контроле был установлен практически безопасный для здоровья человека уровень пожизненного внешнего гамма-облучения.

Эксперимент в космосе с гамма-облучателем на борту спутника

Отсутствовали сведения о влиянии невесомости на клиническое течение лучевой болезни у космонавтов, в случае их переобучения во время длительного космического полета при возникновении солнечной вспышки.

Для оценки влияния невесомости на течение лучевой болезни необходимо, что бы экспериментальные животные были облучены непосредственно в условиях космического полета и развитие лучевого поражения должно быть во время полета, то есть при действии на организм животных невесомости. Для этого на борту спутника дол-

жен находиться источник радиации и должны быть соблюдены все условия выбранного режима облучения. Опытные млекопитающие (крысы) должны иметь все системы жизнеобеспечения, рассчитанные на работу максимум на 30 суток.

По инициативе и под руководством Ю.Г. Григорьева в 1974 году был проведен первый и единственный до сих пор эксперимент в космосе с крысами, которые были подвергнуты гамма-облучению на борту спутника на 10 сутки полета и с последующей посадкой облученных животных на 21 сутки полета (рис. 38).

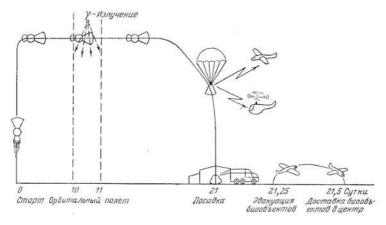


Рис. 38. Схема проведения радиобиологического эксперимента на ИСЗ «Космос-690».

На искусственном спутнике Земли (ИСЗ) «Космос-690» были установлены контейнеры с крысами. Животные находились в нефиксированном состоянии. Была создана система полного жизнеобеспечения. Специально разработанный гамма-облучатель (В.И. Попов), обеспечивал равномерное облучение двумя величинами доз. Последующее наблюдение за развитием лучевой болезни после облучения было постоянным (ответственным исполнителем был Ю.П. Дружинин). Были получены данные, указывающие на задержку восстановления после лучевого поражения системы кроветворения и неблагоприятного влияния излучения совместно с невесомостью на костную ткань. Эти данные подробно отражены в монографии Ю.Г. Григорьева¹⁵ и опубликованы в следующих изданиях: J Aviation Space an Environmental Medicine, 1978; Radiobiological Experiment Aboard the Biosatellite Cosmos-690, а также в бюллетене COSPAR: Yu. Grigoriev, Yu. Druzinin (USSR). BIOSATELITE COSMOS 690. COSPAR INFORMATIN BULLETIN. 1975. № 74.

В экспериментах на искусственных спутниках Земли «КОСМОС-110», «КОСМОС-368», «КОСМОС-782», КОСМОС-690», «Зонд-5, 6 и 8», Космической станции «Салют» принимали участие большие коллективы научных учреждений страны, а также специалисты Болгарии, Венгрии, Польши, Франции и других стран. Общую координацию работ осуществлял профессор Ю.Г. Григорьев.

Под его руководством было проведено изучение биологической эффективности неравномерного облучения и возможности использования локальной защиты. Под руководством Юрия Григорьевича защищено по этой теме три кандидатских и одна докторская диссертации (Г.Ф. Невская).

Эксперименты с протонами и тяжелыми ионами на ускорителях ОИЯИ и в космосе

Целенаправленные исследования с протонами высоких энергий, связанные с решением проблемы радиационной безопасности пилотируемых космических станций, были проведены на синхротроне в ОИЯИ. Первоначально исследования были выполнены сотрудниками Института

 $^{^{15}}$ Григорьев Ю.Г. Космическая радиобиология: монография . М. : ЭНЕРГОИЗДАТ, 1982.

биофизики, и результаты были доложены в 1964 году на заседании Международного атомного агентства в Вене и опубликованы в трудах этой конференции¹⁶ (рис. 39).

Для работы с облученными животными по инициативе Ю.Г. Григорьева на территории ОИЯИ в 1968 году было построен двухэтажный лабораторный корпус. В этом корпусе расположился хорошо оборудованный виварий для мелких лабораторных животных и для собак. Были смонтированы две гамма-установки с ⁶⁰Со и ¹³⁷Сѕ для гамма-облучения биообъектов. Это дало возможность проводить сравнительные гамма-облучения без транспортировки животных в Москву в институт биофизики. В здании были оборудованы препараторские, боксы для работы в стерильных условиях с культурами клеток, конференцзал, лабораторные комнаты.

Под руководством Ю.Г. Григорьева и Н.И. Рыжова были проведены радиобиологические исследования после однократных и повторных облучений протонами с различными энергиями от 50 до 660 МэВ в широком диапазоне доз: от 25 до 800 рад. Опыты были проведены как на мелких лабораторных животных (мыши, крысы), так и на крупных (кролики, собаки). Кроме того, использовали и другие биообъекты: культуры клеток, бактерии, дрожжи, растительные объекты. Были использованы различные критерии для оценки биологического действия протонов высоких энергий и определения коэффициента ОБЭ этого вида излучения. Детально характеризовали клиническую картину развития лучевой патологии и отдаленные последствия, используя функциональные, биохимические и морфологические методы исследования, оценивали критерии смертности, а также был использован ряд цитогенетических методов исследования. Особое внимание уделя-

 $^{^{\}rm 16}$ BIOLOGICAL EFFECTS OF NEUTRON AND PROTON IRRADIATIONS. 1964. Vol. 1.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ И ОБЭ ПРОТОНОВ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Ю.Г. ГРИГОРЬЕВ, Н.Г. ДАРЕНСКАЯ, М.М. ДОМШЛАК, А.В. ЛЕБЕДИНСКИЙ, Ю.Г.НЕФЕДОВ И Н.И.РЫЖОВ (Доклад представлен Ю И.МОСКАЛЕВЫМ) СССР

Abstract — Résumé — Аннотация — Resumen

CHARACTERISTICS OF THE BIOLOGICAL EFFECTS AND THE RBE OF HIGH ENERGY PROTONS. The characteristics of the biological effects of high-energy protons (120, 240 and 510 MeV) were studied in experiments on mice, rats and dogs. It was shown that together with a certain resemblance or identity in radiation damage due to the effects of X-rays and protons, there were certain differences in the case of proton irradiation. In the proton irradiation of dogs the haemorrhagic syndrome was more pronounced. Haemorrhage appeared earlier in the animals and was more abundant. A difference was found in proton RBE levels for small animals (rats, mice) and large animals (dogs). This difference is quite large and equals respectively 0.7 and 1,0-1,15. Some considerations are presented in the report on the cause of these differences.

CARACTÉRISTIQUES DES EFFETS BIOLOGIQUES ET EBR DES PROTONS DE HAUTE ÉNERGIE. Les auteurs ont étudié les caractéristiques des effets biologiques des protons de haute énergie (120, 240 et 510 MeV) au cours d'expériences sur des souris, des rats et des chiens. Ils montrent que si les dommages causés par les rayons X et les protons présentent une certaine ressemblance ou des caractères identiques, on observe des différences dans le cas de l'irradiation par les protons. Chez les chiens exposés aux protons, le syndrome hémorragique était plus prononcé. L'hémorragie s'est manifestée plus tôt chez ces animaux et était plus abondante. Les auteurs ont décelé une différence dans l'EBR des protons pour les petits animaux (rats, souris) et pour les grands animaux (chiens). Cette différence était importante : 0,7 dans le premier cas et de 1,0 à 1,15 dans le second cas. On trouve dans le mémoire quelques considérations sur la cause de ces différences.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ И ОБЭ ПРОТОНОВ ВЫСОКИХ ЭНЕР-ГИИ. Характеристики биологического действия протонов высоких энергий (120, 210 и 510 мэв) изучались в экспериментах на мышах, крысах и собаках. Было показано, что наряду с некоторым сходством или идентичностью радмационного поражения при действии рентгеновских лучей и протонов имелся ряд различий. При протонном облучении собак был более отчетливо выражен геморрогический синдром. Кровоиэлияния появлялись у животных раньше и были более обильными. Обнаружена разница в уровиях ОБЭ протонов для мелких (крысы, мыши) и крупных животных (собаки). Эта разница является довольно значительной и равияется соответственно 0,7 и 1,0 — 1,15. В докладе приводятся некоторые соображения относительно причины этих различий.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EFECTOS BIOLÓGICOS Y DE LA EBR DE LOS PROTONES DE ELEVADA ENERGÍA. Los autores estudiaron las características de los efectos biológicos de los protones de elevada energía (120, 240 y 510 MeV) mediante experimentos con ratones, ratas y perros. Comprobaron que a pesar de ciertas semejanzas en tas radiolesiones causadas por los rayos X y los protones, los efectos de estos últimos acusan algunas diferencias. El síndrome hemorrágico provocado en el perro por la irradiación protónica es más pronunciado. La hemorragia se presenta al cabo de un tiempo más breve y es más abundante. Verificaron asimismo que la EBR de los protones es diferente según se trate de animales pequeños (ratas o ratones) o de animales grandes (perros). La diferencia es apreciable, ya que los valores respectivos son 0,7 para los primeros y 1,0 ó 1,15 para los segundos. En la memoria se examinan las posibles causas de estas diferencias.

Изучение биологического действия протонов больших энергий, помимо теоретического интереса, который вызывают новые виды ионизирую щей радиации, имеет и большое практическое значение, так как результаты

Puc. 39. Страница из трудов конференции «BIOLOGICAL EFFECTS OF NEUTRON AND PROTON IRRADIATIONS», 1964 г.

лось системе кроветворения, хрусталику глаза. Изучались биоэффекты на клетках эпителия роговицы.

Некоторые исследования были проведены совместно с ведущими сотрудниками института биофизики В.В. Шиходыровым, Н.Г. Даренской, Б.И. Лебедевым, А.Ф. Бибиковой и др.

Одной из важных задач являлось изучение влияния космических излучений на генетический аппарат клеток, нарушение хромосомного аппарата клеток костного мозга крыс (Р.Д. Говорун). Был проведен также широкий спектр исследований на модельных биообъектах: на культуре амниотических клеток человека, на дрожжевых клетках, лизогенных бактериях, фибробластов эмбриональных тканей, на эпителии роговицы мышей.

Были опубликованы данные о цитогенетическом действии ускоренных ионов углерода и бора на клетки эпителия роговицы мышей 17 .

Результаты системных исследований широкого спектра протонов высоких энергий были обобщены в докторской диссертации Н.И. Рыжова и в большом числе кандидатских диссертаций, руководителем которых был Ю.Г. Григорьев.

В 1964 году вышел сборник «Проблемы радиационной безопасности космических полетов», в котором был опубликован большой массив данных о биологическом действии протонов высоких энергий. Через три года была опубликована книга под редакцией Ю.Г. Григорьева «Биологическое действие протонов высоких энергий» (рис. 40). Книга была посвящена памяти Андрея Владимировича Лебединского. Это был большой труд коллекти-

 $^{^{17}}$ Григорьев Ю.Г., Рыжов Н.И., Ворожцова С.В. и др. Цитогенетическое действие и ускоренных ионов углерода и бора на клетки эпителия роговицы мышей // Радиобиология. 1971. Т. XI, в. 6, 835-839.

 $^{^{18}}$ *Григорьев Ю.Г.* Биологическое действие протонов высоких энергий. (К оценке радиационной опасности космических полетов. М.: Атомиздат, 1967. 506 с.

ва Дубненской лаборатории и других сотрудников ИМБП и Института биофизики.

Совместно с известным радиобиологом Японии Y. Ueno были опубликованы данные о коэффициентах ОБЭ протонов различных энергий на основе результатов, полученных в СССР и других странах¹⁹.

Одновременно с работами, проводимыми на пучках протонов, была поставлена задача получить данные об особенностях и закономерности биологического действия ускоренных многозарядных ионов.

Биологическое действие протонов высоких энергий

Рис. 40. Издание коллективного научного издания Дубненской лаборатории и других сотрудников ИМБП и Института биофизики.

В ОИЯИ в лаборатории и института опоризики. ядерных реакций, руководимой академиком Г.Н. Флеровым, успешно работал первый в СССР и единственный в Европе ускоритель тяжелых ионов, позволявший получать пучки различных тяжелых ядер (вплоть до ионов аргона) с энергией до 10 МэВ/нуклон. Поскольку пробеги тяжелых ионов такой энергии в биологических тканях не превышают нескольких микрометров, то эксперименты необходимо было проводить на клеточных культурах, облучаемых в виде монослоя. Были получены высокие значения коэффициентов ОБЭ до 5-6.

Обобщение первых результатов было представлено еще 35 лет тому назад во втором номере журнала «Космическая биология и медицина» за 1974 год в обзорной статье

¹⁹ *Ueno Y., Grigoriev Y.* The RBE of Protons with Energy Greater than 126 MeV. Br. J. Radiol. 42, 1969.

Ю.Г. Григорьева, Н.И. Рыжова, Б.С. Федоренко, Е.А. Красавина и др. Эти материалы на английском языке были опубликованы в 1975 году в признанном мировой общественностью в журнале RADIFTION RESEARCH (рис. 41).

В совместной работе с учеными БНР и ВНР была сделана попытка оценить дегенеративные изменения наружного слоя лобно-теменной области коры головного мозга крыс в условиях их тотального облучения на синхрофазотроне ОИЯИ. Было отмечено повреждение нейронов разной степени тяжести. Дегенеративным изменениям подвергались и глиальные клетки. Были зарегистрированы сосудистые нарушения. При облучении крысят ионами гелия (4 ГэВ/нуклон) в коре больших полушариях головного мозга и мозжечке наиболее постоянными и статистически достоверными были явления переваскулярного отека, деструктивные изменения клеток Пуркинье (совместные исследования сотрудников ИМБП и Института биофизики ЧССР в 1984 г.).

Для оценки опасности для космонавтов тяжелых частиц космического излучения была разработана специальная методология для проведения соответствующих экспериментов непосредственно в космосе.

Были созданы специальные сборки, позволяющие одновременно регистрировать треки проходящих тяжелых частиц и соответственно повреждения в клетках, расположенных вдоль трека. Создание сборок, отработку весьма сложной методики, поставки сборок на борт спутников и анализ результатов распределения поглощенных доз вдоль треков частиц проводили сотрудники отдела, которым руководил Юрий Григорьевич.

Исследования в космосе биологического действия тяжелых частиц были проведены на спутниках «Космос–110», «Космос–368» и «Космос–782», «Космос–1129», «Космос–690», «Космос–605», на космической станции «Салют» и на других летательных аппаратах.

Reprinted from: RADIATION RESEARCH Biomedical, Chemical and Physical Perspectives (©) 1975

ACADEMIC PRESS, INC.
New York San Francisco Landon

Biological Effects of Accelerated Boron, Carbon, and Neon Ions¹

Yu. G. Grigoryev, N. I. Ryzhov, V. I. Popov,
V. N. Benevolensky, B. S. Fedorenko, S. V. Vorozhtsova,
R. D. Govorun, E. A. Krasavin, E. I. Kudryashov,
N. Ya. Savchenko, V. N. Gerasimenko, D. Ya. Oparina,
L. K. Vekshina, L. A. Koshcheyeva
Institute of Biomedical Problems, USSR
Ministry of Health, Moscow, USSR

INTRODUCTION

Investigations of the radiation environment in space during the last two decades have shown that manned space flights may be hazardous from the point of view of ionizing radiation. Calculations have demonstrated that during long-term space flights, the main radiation hazard is due to heavy nuclei of galactic space radiation (GSR). It is necessary, therefore, to obtain comprehensive information about possible injuries to both men and life support systems by GSR heavy ions during prolonged space missions.

At present the therapeutic use of heavy ions for oncological treatment is intensively studied. Of no less significance for general radiation biology are investigations of the biological effects of heavy multicharged particles of high energies.

It is, therefore, very important to discuss at length the results obtained to date, in view of the fact that the pertinent studies are few and the possibilities to carry out the experiments in space or with accelerators are limited.

MATERIALS AND METHODS

Mammalian cells and tissues with different levels of proliferative activity were used: corneal epithelium of mice, liver of young and adult rats, and human lymphocytes, as well as yeast cells, unicellular algae (Chlorella), and hydrogen bacteria. The damaging effect of heavy ions was determined on the basis of quantitiative comparisons of cell division inactivation, cytologic and cytogenetic effects. Particular attention was paid to studying the postradiation recovery and also the manifestation of biological effects of heavy ions under the influence of modifying agents.

Biological objects were exposed to heavy ions from the Accelerator of Multicharged Ions (AMI-300) in the Laboratory of Nuclear Reactions, the Joint Nuclear Research Institute, Dubna, USSR. The following ions have been used: ¹⁰B, ¹¹B, ¹²C, ²⁰Ne, ²²Ne and ⁴⁰Ar with energies of 7.5–3.5 MeV/nucleon. The dose rates for the irradiation of mammalian cells and tissues ranged from 1 to 10

Puc. 41. Страница из журнала RADIFTION RESEARCH, 1975 г.

Congress presentation C-4-5 (Not delivered).

Результаты исследования чувствительности Е. COLI при облучении тяжелыми ионами были опубликованы в 1971 году в журнале «Радиобиология»²⁰. В этом же журнале были опубликованы данные о цитогенетическом действии ускоренных ионов углерода и бора на клетки эпителия роговицы мышей²¹.

Начиная с 1973 года, была осуществлена серия экспериментов в космосе с использованием специальной сборки «Биоблок». Биообъектами были ракообразные, семена высших растений, споры бактерий, дрожжи и др. В этих исследованиях была установлена корреляция между топографией прохождения тяжелых ионов и биологическими эффектами: торможение роста бактерий и семян, нарушение прорастания, различные аномалии развития, нарушения клеточного деления. На семенах высших растений была установлена четкая зависимость между частотой аберрантных клеток и местом прохождения частицы в семени, наиболее чувствительными областями оказались корневая и стеблевая меристемы.

На искусственном спутнике Земли «Космос—368» был проведен эксперимент на простейших организмах, которых подвергали гамма-облучению либо до полета, либо после него в целях оценки возможного влияния факторов космического полета на развитие радиобиологического эффекта. На спутнике были экспонированы дрожжевые клетки, водородные бактерии, семена салата и гороха. Как до, так и после радиационного воздействия факторы космического полета не оказали заметного влияния на радиобиологический эффект.

 $^{^{20}}$ Григорьев Ю.Г., Красавин Е.А., Рыжов Н.И. и др. Исследование чувствительности Е. COLI при облучении тяжелыми ионами // Радиобиология. 1971. Т. 11, вып. 2.

 $^{^{21}}$ *Григорьев Ю.Г., Рыжов Н.И., Ворожцова С.В. и др.* Цитогенетическое действие ускоренных ионов углерода и бора на клетки эпителия роговицы мышей // Радиобиология. 1971. Т. XI, вып. 6.

На ИСЗ «Космос–782» была проведена еще одна серия экспериментов с облученными семенами. На спутнике была установлена центрифуга, на которой часть облученных семян вращались во время всего полета. Было установлено незначительное влияние невесомости в модификации радиобиологического эффекта (Л.В. Невзгодина).

Уникальные результаты были получены в полетных экспериментах на борту ИСЗ «Космос-782». После прохождения отдельных тяжелых ионов через сетчатку глаза животных были обнаружены «канальцевые повреждения» диаметром до 10 мкм, по размеру значительно превышающие размеры самого трека.

Большой объем исследований с тяжелыми частицами космического излучения был проведен с французскими специалистами из Тулузского университета. Руководителями советско-французского эксперимента были профессора Планель (Planel H.) и Ю.Г. Григорьев (рис. 42). Эта серия экспериментов на ИСЗ была проведена под кодовым



Рис. 42. Французские ученые в лаборатории в Дубне. В центре – профессор К. Планель, справа от него Ю.Г. Григорьев.

названием «Биоблок-1, 2, 3, 4 и 5». В эксперименте были использованы семена салата и Arntmia salina. Сравнительные эксперименты проводили в Дубне на ускорителе.

При изучении динамики развития яиц Arntmia salina был выявлен значительный инактивирующий эффект, вызванный прохождением через них тяжелых ядер. Результаты с Arntmia salina были опубликованы в 1978 году в совместной статье с французскими коллегами²².

В 1971 году был организован Международный советско-французский симпозиум в Дубне, на котором было заслушано несколько докладов о результатах полетных экспериментов на биоспутниках (рис. 43).



Рис. 43. Делегация ученых из Франции в Дубне, 1971 г.: Во втором ряду третий слева профессор К. Планель; далее — Ю.Г. Нефедов, заместитель директора ИМБП; профессор Ю.Г. Григорьев, руководитель радиобиологических исследований; члены французской делегации.

Исследования по изучению ОБЭ различных видов космического излучения проводились в течение нескольких

²² *Grigoriev Yu., Planel H., Delpoux M.* Radiobiological investigations in cosmos 782 space flight. Biobloc SF1 experiment. COSPAR: Life sciences and space research. 1978. XVI.

лет совместно с научными коллективами ЧССР, БНР и ВНР (рис. 44). Профессором Григорьевым осуществлялась большая работа по координации этих исследований, по определению приоритетных направлений, обобщению всех полученных результатов и, наконец, использованию их при оценке радиационной опасности пилотируемых космических полетов.



Рис. 44. Обсуждение совместного эксперимента Ю.Г. Григорьевым с коллегами из ЧССР.

Уже на первом этапе исследований по космической радиобиологии были все основания считать, что тяжелые ионы могут вызвать поражения нервных клеток мозга. Предполагалось, что это воздействие будет носить характер локального многоклеточного некроза. С целью изучения структурных нарушений в нейронах головного мозга под влиянием воздействия тяжелых ионов ГКИ, под руководством Ю.Г. Григорьева на ИСЗ «Космос–605» и «Космос–690» было выполнено соответствующее исследование на крысах. Длительность полета была 22,5 и 21 сутки соответственно.

Для определения траектории прохождения треков тяжелых ионов через ткани головного мозга были исполь-

зованы диэлектрические детекторы, которые вживляли под кожные покровы головы. Через 26 суток после окончания полета животных забивали. Треки тяжелых ионов, зафиксированные детекторами с помощью специальной методики, проецировали на соответствующие структуры головного мозга.

Дозиметрические исследования показали, что на головной мозг крыс воздействовали тяжелые ионы с $Z \ge 6$, с частотой 3,7 частиц/($cm^2 \times cyr$). Гистологическому анализу было подвергнуто 32 участка головного мозга. Только в двух участках теменной области головного мозга была обнаружена очаговая дегенерация нейронов и глиальных элементов размером 190×100 мкм, прослеживающаяся на протяжении четырех последующих гистологических срезов. Кроме того, несколько дегенеративных глиальных клеток находились на некотором расстоянии от трека. В этих участках находилось около 45-70 нейронов и глиальных клеток. Параллельно было проведено французскими учеными аналогичное гистологическое исследование мозга крыс, летавших на этих спутниках, Были получены аналогичные результаты. Было сформулировано единое мнение, что влияние тяжелых ионов может привести к необратимой гибели клеток мозга и эти повреждения могут быть более обширными и выходить за пределы трека тяжелого иона.

Полученные результаты проведенных многочисленных экспериментов как отечественных, так и зарубежных по оценке воздействия тяжелых частиц на головной мозг, позволили сделать вывод, что при прохождении их через мозг определенное число нейронов гибнет. Обращает на себя внимание отсутствие репарации, участие глии и сосудистых изменений в развитии процесса лучевого поражения и за пределами трека.

По итогам радиобиологических и физических исследований с тяжелыми ионами Л.В. Невзгодиной, Ю.Г. Гри-

горьевым и А.М. Маренным была написана книга²³ (рис. 45). Основные результаты этих исследований читатель может найти и в монографии Ю.Г. Григорьева²⁴.

Шафиркиным А.В. и Григорьевым Ю.Г. было обобшение выполнено ланных по относительной биологической эффективности излучений с различной величиной ЛПЭ по отношению к ближайшим радиобиологическим проявлениям. На основе анализа шитогенетических эффектов на клеточном уровне, глубины изменений в радиочувствительных тканях: кроветворной,



Рис. 45. Издание монографии «Действие тяжелых ионов на биологические объекты». Авторы: Л.В. Невзгодина, Ю.Г. Григорьев и А.М. Маренный

желудочно-кишечном эпителии, эпидермисе, а также выживаемости экспериментальных животных, проведено сравнение действия протонов, ускоренных многозарядных ионов и нейтронов с воздействием стандартных видов излучений. Это дало возможность оценить максимальные значения коэффициентов ОБЭ, и установить их зависимость от ЛПЭ

 $^{^{23}}$ Действие тяжелых ионов на биологические объекты / Л. В. Невзгодина, Ю. Г. Григорьев, А. М. Маренный. М. : Энергоатомиздат, 1990. 215 с.

 $^{^{24}}$ Григорьев Ю.Г. Радиационная безопасность космических полетов. Радиобиологические аспекты : монография. М. : Атомиздат, 1975.

Радиобиологические исследования в условиях высокогорья

Была выдвинута идея, что наличие умеренной гипоксии в кабине космического корабля может повысить резистентность организма космонавта. Была поставлена задача проверить эту гипотезу по возможному повышению радиорезистентности организма в условиях длительной гипоксии.

В течение 7 лет, под непосредственным руководством Ю.Г. Григорьева, научными сотрудниками Ю.В. Фарбером, А.В. Шафиркиным, М.П. Каландаровой, В.И. Поповым, Б.И. Соляновым были проведены исследования по модификации радиобиологических эффектов в условиях длительного постоянного воздействия умеренной высокогорной гипоксии. В этих целях были организованы две высокогорные базы: одна - в Киргизии на перевале Туя-Ашу на высоте 3200 м, вторая - в Казахстане на Тянь-Шаньской высокогорной научной станции на высоте 3340 м. На этих базах были установлены гамма-источники. Животных (крыс и собак) облучали в широком диапазоне доз на различные сроки адаптации к высокогорью. Контрольных животных параллельно облучали на Московской базе «Планерная», а также в г. Фрунзе в Киргизском медицинском институте и в Онкологическом центре в г. Алма-Ата.

Сопоставление полученных результатов семилетних исследований показало, что адаптация к факторам высокогорья способствует мобилизации защитных силорганизма и повышению его радиорезистентности. Естественно, что существенную роль в ускорении процессов восстановления лучевого поражения играла кроветворная система. Коэффициент увеличения радиорезистентности по реакции критических систем увеличивался до 3.

Конечно, эти весьма сложные и трудоемкие эксперименты можно было провести только благодаря самоотверженной работе как наших сотрудников, так и коллег из институтов Киргизии и Казахстана (Б.У. Молдаташева, С.Б. Даниярова, О.К. Кабиева, Д.Т. Мусабекова, К. Умарова, С.Т. Рыскуловой, С.Б. Балмуханова и др.).

Традиционно, итоги этих исследований были обсуждены с ведущими радиобиологами СССР на Всесоюзном симпозиуме в Киргизии (1978 г.), который был организован Научным советом по радиобиологии АН СССР (рис. 46). В обсуждении результатов приняли участие известные радиобиологи страны: А.М. Кузин, А.К. Гуськова, С.П. Ярмоненко, А.Г. Конопляников и др.

Было получено авторское свидетельство «Способ повышения устойчивости организма к лучевому воздействию», авторами которого являлись Ю.Г. Григорьев, Ю.В. Фарбер и А.В. Шафиркин.



Рис. 46. Члены научного совета по радиобиологии АН СССР: коллеги из Киргизии и сотрудники ИМБП после конференции в гостях у принимающей стороны.

Разработка нормативных документов при облучении космонавтов при совершении полетов различной длительности и назначении.

На ранних этапах развития пилотируемой космонавтики руководитель отдела ИМБП Ю.Г. Григорьев вместе с Е.Е. Ковалевым и рядом других сотрудников отдела и коллегами из Института биофизики Минздрава СССР и ГНИИИ авиационной и космической медицины МО СССР принимали самое активное участие в разработке нормативных документов по обеспечению радиационной безопасности космических полетов и обоснованию предельнодопустимых доз для полетов различного назначения.

С обоснованием допустимых доз ионизирующей радиации для членов экипажей космических кораблей применительно к кратковременным 30-суточным полетам

хуі междинародный астронавтический конгресс хуї інтигнатіонац азтронавтический конгресс хуї інтигнатіонац азтрона 1965 г.

ПРОБЛЕМА ОБОСНОВАНИЯ ДОПУСТИМЫХ ДОЗ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ ДЛЯ ЧЛЕНОВ ЗКИПАЖА КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ Ю. Г. Григорьев, А. К. Гуськова, М. П. Домшлак, В. Г. Высодкий, С. А. Расвекая, Б. А. Маркелов. Н. Г. Даренская (Министерство эдравоохранения СССР)

Рис. 47. Обложка Международного доклада на Международном конгрессе в Греции, Афины, 1965 г.

ознакомил участников XVI Международного астронавтического конгресса в 1965 году в Афинах Юрий Григорьевич Григорьев, который выступил с докладом от коллектива авторов (Ю.Г. Григорьев, А.К. Гусь-М.П. кова. Домшлак, В.Г. Высоцкий, С.А. Раевская, БА Маркелов, Даренская) ΗГ (рис. 47). В докладе обоснованы были величина допустимой дозы (ДД) за период полета 30 суток (15 с3в), дозы оправданного риска (ДОР) от излучений солнечных вспышек (50 с3в) и критической дозы (КД), которая не должна была превышать 125 с3в.

Представленные в этой работе регламенты доз составили основу первой редакции норм по радиационной безопасности космических полетов²⁵, которые действовали на начальной фазе освоения космоса. Они были предназначены для кратковременных орбитальных полетов, а также для полетов

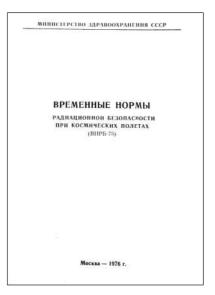


Рис. 48. Обложка Временных норм 1975 года, утвержденных заместителем Министра здравоохранения СССР А.И. Бурназяном.

на трассе Земля–Луна–Земля с общей продолжительностью до 30 суток (рис. 48).

Величины допустимых доз были основаны на анализе большого объема радиобиологических данных по острому облучению крупных млекопитающих в различных дозах, данных по аварийному облучению людей. При их разработке был обобщен также большой клинический материал, касающийся осложнений при лучевой терапии в нашей стране и за рубежом. При нормировании радиационного воздействия применительно к кратковременным полетам основная задача сводилась к ограничению уровня острого облучения за счет протонов солнечных космиче-

 $^{^{25}}$ Временные нормы радиационной безопасности при космических полетах (ВНРБ-75) / М-во здравоохранения СССР. - Москва: $1976.-8\ c.$

ских лучей с целью недопущения сколько-нибудь значимого снижения работоспособности космонавтов и возможности развития у них лучевой болезни средней степени тяжести в процессе полета.

В качестве допустимой дозы для кратковременных полетов в России была рекомендована доза 15 сЗв. При этой дозе отсутствуют какие-либо соматические эффекты, а могут отмечаться лишь минимальные кратковременные сдвиги в системе кроветворения. Ввиду стохастического характера воздействия протонов солнечных вспышек и жестких ограничений по толщине и весу защиты космического аппарата, вводилось также понятие дозы оправданного риска. В качестве ДОР рекомендовали дозу 50 сЗв на костный мозг (на глубине 5 см ткани), при которой лишь в единичных случаях могут иметь место легкие проявления первичной лучевой реакции. Критическая доза 125 сЗв устанавливалась как критерий для решения вопроса о возможности дальнейшего продолжения полета в условиях ухудшенной радиационной ситуации.

Позднее применительно к обеспечению безопасности длительных космических полетов возникла необходимость учитывать реакцию организма в процессе полета на относительно кратковременные стохастически распределенные во времени воздействия протонов на фоне хронического облучения от детерминированных источников радиационной опасности галактических космических лучей и радиационных поясов Земли (РПЗ) с учетом восстановительных и компенсаторных возможностей организма.

Во временных нормах радиационной безопасности космических полетов до 30 суток (ВНРБ-75), использовалась методология, основывавшаяся на получившей широкое распространение в то время модели формирования радиационного поражения с учетом восстановительных процессов в организме и в системе кроветворения. Этот подход был применен в России в последующие годы при

регламентации нормативных уровней радиации для длительных полетов до одного года.

Предельно допустимая доза за всю профессиональную деятельность космонавта от всех видов радиационного воздействия была установлена в нормативном документе (ВНРБ-75) равной 4 Зв. Этот предел был основан на допущении, что суммарная величина риска развития опухолей различных органов и тканей за карьеру космонавтов не должна превышать спонтанный уровень более чем в 2 раза. Для других критических органов: кожи, хрусталика глаза, гонад в России были установлены множители 3; 1,5 и 0,5 соответственно. Предельные годовые дозы для указанных органов и тканей, исключающие неблагоприятные радиобиологические проявления в процессе полета, составили, соответственно, 450, 225 и 75 сЗв. Пределы доз облучения этих органов за всю карьеру космонавтов не должны были превышать 1200, 600 и 200 сЗв.

Позже был разработан новый нормативный документ, определяющий зависимость коэффициентов качества от линейной передачи энергии (ГОСТ 25645.218-90) и установлены значения коэффициенты качества (КК) для космических излучений. Была разработана модель формирования радиационного поражения организма во времени при облучении с различной мощностью дозы, учитывающая восстановительные процессы на тканевом и организменном уровнях, на основе которой получены алгоритмы для расчетов значений коэффициентов временной неравномерности радиационного воздействия (КВ). Кроме того, разработана модель равноценной дозы для расчетов значений коэффициентов распределения (КР) и приведения эффектов неравномерного пространственного облучения к стандартному равномерному воздействию. Установлены также значения коэффициентов модификации радиационного воздействия $KM_{\scriptscriptstyle E}$ за счет других факторов полета

применительно к ближайшим оценкам радиационного риска в процессе космического полета.

Все это позволило рассчитывать значения обобщенных доз, риска в процессе космических полетов продолжительностью до 3 лет и суммарного радиационного риска в течение жизни космонавтов.

Проведенные расчеты А.В. Шафиркиным и Ю.Г. Григорьевым суммарного радиационного риска в течение жизни для космонавтов старших возрастных групп 40-55 лет применительно к осуществлению межпланетного полета на Марс, показали, что он в 4-9 раз превышает расчетные значения риска смертности от опухолей. Из этого можно было предположить возможность развития также неблагоприятных неканцерогенных отдаленных проявлений, приводящих к увеличению вероятности заболеваний и дополнительной смертности.

Материалы представленного ранее «Хронического эксперимента» продемонстрировали напряженный характер компенсаторных процессов в системе кроветворения. Отмечен первоначальный характер активации со стороны нейроэндокринной системы, который спустя 2 года сменялся выраженным снижением гормональной активности желез внутренней секреции, что значительно снижало возможности нейроэндокринной регуляции организма. Недостаточность компенсаторных процессов приводила к развитию патологических изменений. Были отмечены выраженные эндотелиальные нарушения. Наблюдали склеротические нарушения сосудов в печени, почках, легких сердце и других органах. Все это свидетельствовало о выраженных нарушениях системы кровообращения.

Морфологические исследования показали углубление некротических и других дегенеративных изменений нейронов с увеличением дозы и периода наблюдения. Все это определило значительные нарушения терморегуляции и физической работоспособности животных

Позже в литературе в различных эпидемиологических исследованиях вились свидетельства развитии неопухолевой отдаленной патологии, связанной с различными нарушениями в системе кровообращения, том числе с недостаточностью мозгового кровообращения, увеличением частоты гипертонии, случаев инфарктов и инсультов. У лиц, пострадавших в Хиросиме и Нагасаки, эти проявления были обнаружены через 30-50

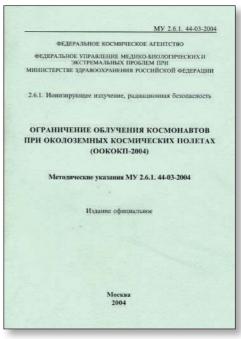


Рис. 49. Обложка методических указаний МУ 2.6.1.44-03-2004 «Ограничение облучения космонавтов при околоземных космических полетах».

лет после бомбардировок. Увеличение заболеваемости со стороны ЦНС и сердечно-сосудистой системы, а также указанные выше нарушения наблюдали у работников п/о «Маяк» через 35-45 лет после начала их работы. Аналогичные проявления отмечены уже через 15 лет у ликвидаторов аварии на ЧАЭС.

Эти отдаленные последствия были учтены при разработке методических указаний Ограничение облучения космонавтов при околоземных космических полетах: методические указания 2.6.1.44-03-2004 / А.В. Шафиркин, Ю.Г. Григорьев. М., 2004. (рис. 49).

Юрий Григорьевич Григорьев также является соавтором крупного фундаментального обобщения: советско-

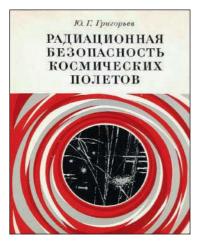


Рис. 50. Издание монографии Ю.Г. Григорьева «Радиационная безопасность космических полетов».



Рис. 51. Коллаж газеты ЦК КПСС «ПРАВДА, № 87. 1965. 28 марта.

американского многотомного труда по космической биологии и медицине, куда вошли результаты многочисленных отечественных исследований по космической радиобиологии (Основы космической биологии и медицины, СССР и США, Т. 2, 1975 г.).

Обобщение своей десятилетней деятельности по проблеме радиационной безопасности пилотируемых космических полетов Юрий Григорьевич сделал в своей одноименной монографии²⁶ (рис. 50). Некоторые итоги проведенных исследований в космосе опубликованы Юрием Григорьевичем в центральной газете ЦК КПСС «Правда» (№ 87. 1965. 28 марта) (рис. 51).

 $^{^{26}}$ Григорьев Ю.Г. Указ. соч.

В 1978 году Ю.Г. Григорьеву присуждена Государственная премия СССР за работы в области космических исследований (рис. 52).

В марте 1977 года Ю.Г. Григорьев вернулся в Институт биофизики МЗ СССР. Однако его знания и опыт работы в области космической радиобиологии остаются востребованными. Он продолжает быть членом Секции по космической биологии и медицине Совета РАН по космосу. Принимает активное участие в профильных конференциях и совещаниях, проводит научные дискуссии с член-корреспондентом РАН. Е.А. Красавиным (рис. 53, 54).



Рис. 52. Знак лауреата Государственной премии СССР.



Рис. 53. Участники круглого стола по проблеме обеспечения радиационной безопасности космонавтов при полете к Марсу (Москва, 2014 г.).



Рис. 54. Академик Е.А. Красавин и Ю.Г. Григорьев в президиуме Международного форума (Дубна, ОИЯИ, 2014 г.).

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ДЕЙСТВИЯ ИНФРАЗВУКА. РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ

Биологические исследования с инфразвуком были проведены совместно с Военно-медицинской академией им. С.М. Кирова, Институтом авиакосмической медицины МО СССР, а также с лабораторией теоретических проблем при АН СССР (зав. Э.А. Андрианкин) и другими научными коллективами.

Исследования по возможному неблагоприятному влиянию инфразвука на человека были проведены под руководством профессора Ю.Г. Григорьева как в лабораторных, так и в полевых условиях. Была создана уникальная база генераторов инфразвука (ИЗ).

На рис. 55-56 изображены лабораторные камеры для генерации ИЗ. Одна из этих камер была смонтирована в Институте биофизики МЗ.

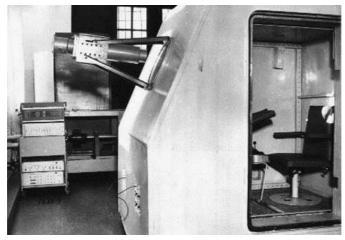


Рис. 55. Инфразвуковая лабораторная камера.

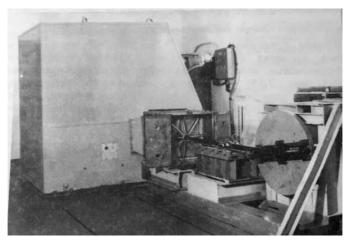


Рис. 56. Генератор ИЗ стационарный КДД-1.

Полевые генераторы ИЗ представляют собой, как правило, очень большие конструкции и располагаются обычно на полигонах вдали от населенных пунктов, на территории смежных организаций.

На окраине г. Куйбышева (ныне г. Самара), на аэродроме одного НИИ был установлен акустический излучатель установки, генерирующий ИЗ (генеральный конструктор И.А. Бережной) (рис. 57, 58).

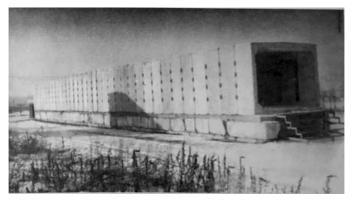


Рис. 57. Резонаторный мембранный излучатель «Резонатор (общий вид).

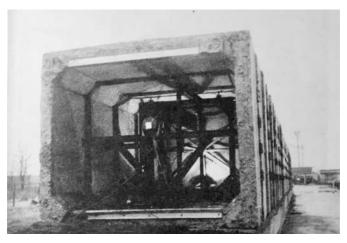


Рис. 58. Резонаторный мембранный излучатель «Резонатор» (вид со стороны привода резонатора).

Большие усилия в создании экспериментальных термоакустических установок были предприняты в ЦНИИ Точного Машиностроения под руководством генерального конструктора В.М. Сабельникова (рис. 59, 60).



Рис. 59. Термоакустический инфразвуковой излучатель «Орфей».

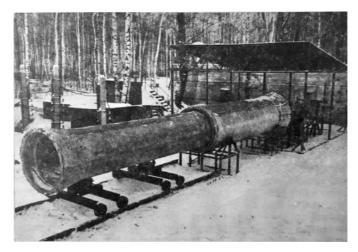


Рис. 60. Общий вид генератора ИЗ «Альфа».

К тематике был подключен Акустический институт им. академика Н.Н. Андреева. На акустических установках этого Института, которые располагались на полигоне Акустического института под г. Дубна, был выполнен ряд работ по механизму развития биологического действия ИЗ.

Коллектив отдела под руководством Ю.Г. Григорьева и В.В. Шиходырова смог организовать проведение широких комплексных исследований в лабораторных и в реальных полевых условиях, получить соответствующую научную базу данных для гигиенического нормирования ИЗ и разработки профилактических рекомендаций.

Уникальными исследованиями являются эксперименты по оценке функционального состояния вестибулярного анализатора при воздействии ИЗ, как в эксперименте, так и на добровольцах. При этом была использована новая методология, которая ранее была разработана Ю.Г. Григорьевым²⁷. Эта новая методика была основана на исполь-

 $^{^{27}}$ Григорьев Ю.Г., Фарбер Ю.В, Волохова Н.А. Вестибулярные реакции: монграфия. М.: Медицина, 1970.

зовании строго выверенного адекватного раздражителя — углового ускорения, что давало возможность на строго количественной основе уловить характер изменений вестибулярного анализатора под воздействием ИЗ, определять пороговую чувствительность анализатора и возможности его реактивности.

Эксперименты были проведены более чем на 100 кроликах. Воздействие ИЗ проводили в камерах динамического давления. Оценку состояния вестибулярного анализатора проводили до и после воздействия ИЗ. Использовали пять уровней звукового давления: от 120 до 160 дБ с шагом в 10 дБ, с частотой 4, 8 и 14 Гц. Были проведены серии экспериментов на кроликах, которых подвергали воздействию модулированным звуком с интенсивностью 103 дБ, с несущей частотой 16 000 Гц и модуляцией 4 Гц.

Было получено выраженное увеличение порога чувствительности вестибулярного анализатора к адекватному раздражителю, снижение его реактивности. Характер этих изменений зависел от уровня звукового давления. С увеличением звукового давления ИЗ от 130 дБ и выше соответственно усиливались функциональные изменения анализатора. Порог уровня звукового давления снижался пропорционально увеличению частоты ИЗ (при 4 Гц – пороговый уровень был равен 150 дБ, при 8 Гц – 140 дБ и при 14 Гц – 130 дБ). Использование модуляции звука не повлияло на характер изменения функций вестибулярного анализатора.

Были проведены аналогичные по методологии исследования с участием 18 испытателей-добровольцев. Воздействие ИЗ осуществлялось в камере динамического давления в условиях сформированного акустического поля ИЗ. Были использованы различные частоты ИЗ (от 4 до14 Гц) и уровни звукового давления от 120 до 160 дБ. Результаты этих исследований были аналогичны результатам, полученным в экспериментах на животных.

Под руководством Юрия Григорьевича были проведены исследования, показавшие, что ИЗ влияет на иммунную систему. Это навело Юрия Григорьевича на мысль исследовать возможное изменение аллергического статуса с помощью ИЗ. Академик Р.В. Петров порекомендовал использовать классическую модель анафилактического шока. Была проведена серия экспериментов по выяснению влияния ИЗ на аллергический статус, используя именно эту модель. Опыты были поставлены более чем на 200 морских свинках. Животных подвергали воздействию ИЗ с одной частотой 10 Гц и с уровнем звукового давления 155-160 дБ в течение 10 минут непосредственно перед внутривенным введением разрешающей дозы лошадиной сыворотки (чужеродного белка) в различные сроки. Были получены весьма неожиданные результаты. Контрольные, только сенсибилизированные животные, погибали от анафилактического шока в первые три минуты в 80-100 %. Смертность морских свинок, которые были подвергнуты воздействию ИЗ после сенсибилизации, была значительно меньше – 50-60 % и была сдвинута во времени.

После обобщения полученных данных от широких комплексных исследований, были установлены закономерности по величине звукового давления, «фактора времени», уточнены механизмы биологического действия ИЗ. Эти результаты были значимые для обоснования ПДУ ИЗ и разработки профилактических рекомендаций.

По результатам этих исследований была подготовлена и успешно защищена докторская диссертация.

Более подробное изложение материалов этих исследований по проблеме оценки биологического действия ИЗ читатель может найти в книге «Биологическое действие инфразвука»²⁸.

²⁸ В.В. Уйба, К.В. Котенко, В.С. Степанов. Биологическое действие инфразвука. - М.: Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна, 2012. – 384 с.

ГЛАВА 4. ГИПОГЕОМАГНИТНАЯ СРЕДА ОБИТАНИЯ (МАГНИТНАЯ ДЕПРИВАЦИЯ), БИОЭФФЕКТЫ И НОРМАТИВЫ

В связи с появлением новой технологии современного производственного процесса появились новые, неестественные для организма человека факторы воздействия. Одним из таких факторов внешней среды является ослабленное геомагнитное поле (ГМП). С этими условиями человек сталкивается, работая, например, в экранированных сооружениях при сборке космических объектов.

Проблема изучения биологического действия гипогеомагнитного поля (ГГМП) является не только общебиологической задачей, но и представляет практическое значение с точки зрения гигиены и физиологии труда.

Следует отметить, что к началу описанного далее исследования еще не были установлены стандарты для профессионалов, работающих в гипогеомагнитной среде.

Первые физиолого-гигиенические исследования под руководством профессора Григорьева были проведены на заводе им. М.В. Хруничева в экранированных помещениях. Сотрудники, работающие в экранированном цехе, предъявляли жалобы на плохое самочувствие, развитие невротических состояний и др. Они стали отмечать, что цветы в цехе не растут, появились мыши очень светлой окраски и т.д. Можно было предположить, что ведущим фактором, определяющим это состояние, является ослабленное геомагнитное поле.

Были развернуты большие работы по этой тематике, включая оснащение приборами для измерения гипогеомагнитного поля и разработку методики оценки функционального состояния организма, с учетом возможного специфического влияния этого фактора на здоровье персонала.

Комплексные экспедиционные исследования были проведены, прежде всего, на предприятиях, связанных с Государственной космической программой. Эти Конструкторские бюро располагались в Москве, Самаре, Красноярске и в других городах страны.

Кроме того, были проведены исследования в условиях работы специализированных центров управления в чрезвычайные периоды. Помещения этих центров располагались глубоко под землей. Здесь столкнулись с необходимостью оценить значимость и других факторов, связанных с воздушной средой обитания и работой больших коллективов на компьютерах.

У сотрудников, длительно работающих в экранированных помещениях, был зарегистрирован целый комплекс функциональных расстройств, который можно, по мнению Юрия Григорьевича, характеризовать как «синдром геомагнитной депривации».

Ю.Г. Григорьев организовал широкий комплекс экспериментальных исследований по этой проблеме (программа «Экран»). В этих целях им были привлечены Институт физиологии им. И. Бериташвили АН Грузии (В.Я. Сандодзе, И.К. Сванидзе и др.), Куйбышевский медицинский институт (В.Г. Подковкин), Петрозаводский ГУ (Р.В. Смирнов и др.), ОИЯИ (Р.Д. Говорун). Были получены очень интересные данные, характеризующие реакцию ЦНС на воздействие гипогеомагнитного поля, биохимические сдвиги, изменения реактивности, изменения в иммунной системе.

Под руководством Юрия Григорьевича были поставлены серии работ в Институте физиологии им. И.С. Бериташвили АН Грузии по оценке влияния ГГМП на процессы эмбрионального развития (В.Я. Сандодзе, И.К. Сванидзе, Г.А. Марсагишвили и др.). В этих исследованиях были

осуществлены наблюдения за всем жизненным циклом в гипогеомагнитной среде: зачатие, эмбриональное развитие, рождение и последующий рост экспериментальных животных (крыс) до полового созревания. В качестве критериев оценки биологического действия ГТМП были использованы условный рефлекс активного избегания, переносимость хронической информационной перегрузки. Кроме поведенческих параметров регистрировали и анализировали концентрацию катехоламинов в гиппокампе и в коре больших полушарий мозга животных.

Анализ экспериментальных данных показал, что опытные крысы обучались гораздо быстрее контрольных. Опытные особи были более экзальтированны, «работали в стойке», очень часто реакция на стимул происходит мгновенно. Процент правильно решенных задач был выше. Однако опытные животные были менее устойчивы к хроническим информационным перегрузкам, выражающимся в гораздо более быстром утомлении по сравнению с контрольными. Вместе с тем было выяснено, что в опытной группе крыс содержание норадреналина в коре, по сравнению с контрольными группами, было меньше, тогда как концентрация катехоламина в гиппокампе опытных крыс повышалась. Аналогичную картину наблюдали и в отношении дофамина, концентрация которого в гиппокампе достигла очень высоких цифр.

В этот же цикл работы входили исследования ранней формы памяти — запечатлевание (импринтинг) у цыплят, эмбриональное развитие которых также проходило в гипогеомагнитной среде. Эмбрионы 5-х и 16-х суток своего развития помещали в термостат, где поддерживали постоянную температуру и влажность. Термостат с опытными эмбрионами находился в экранированной камере с десятикратным уменьшением геомагнитного поля. Развитие контрольных эмбрионов происходило в другом термостате, при нормальном геомагнитном фоне. После вылупления, как у

контрольных, так и у опытных цыплят проводили импринттестирование. У опытных цыплят латентный период запечатлевания в среднем увеличивался вдвое, а само запечатлевание происходило в 2 раза медленнее, чем в контроле.

У опытных и контрольных цыплят были осуществлены морфологические исследования мозга. Предполагалось, что уменьшение времени запечатлевания может быть вызвано нарушением процессов дифференцировки благодаря длительному воздействию гипогеомагнитного поля на развитие эмбриона. Процессы дифференцировки и морфогенеза головного мозга тесно связаны с пролиферативной активностью вентрикулярных клеток, выстилающих соответствующие отделы желудочков. Подсчет количества митозов по фазам и определение митотического индекса суммарно в конечном мозге показали, что ГГМП, воздействующее на эмбрионы с 5-х и 16-х суток эмбриогенеза, оказывает ингибирующее влияние на митотическую активность вентрикулярных клеток.

Были предприняты исследования по оценке возможного отрицательного влияния ГГМП поля на структуру и пролиферацию дифференцирующихся клеток нервной системы. Исследовали влияние ГГМП на нервные и глиальные клетки подкорковых ядер (прозрачная перегородка, ядра шва) 2-суточных и 16-суточных куриных эмбрионов. Культивирование проходило в гипогеомагнитном поле с индукцией 5000 нТл. Прижизненные исследования нервных и глиальных клеток в культуре в условиях гипогеомагнитного поля обнаружили ряд первичных изменений, которые возникали в различные сроки культивирования (2, 3, 5, 7, 9, 16-е сутки). У астроцитов, мигрировавших в зону роста, наблюдалось огрубление отростков и увеличение числа ядрышек. В тех же сериях культур можно было наблюдать развитие клеточного набухания, затрагивавшего глиальные и нервные клетки. Однако эти изменения не являются специфичными для действия ГГМП и возникают при нарушении гомеостаза в тканях. Модельные эксперименты с клетками нервной ткани в культурных средах обнаружили выраженную чувствительность фиброзных астроцитов и нервных клеток к ГГМП. Плазматические астроциты и олигодендроглиальные клетки оказались более резистентными.

В рамках научной программы «Экран» были получены весьма важные результаты в модельных экспериментах с воздействием ГГМП на двигательную активность ресничного аппарата эпендимных клеток новорожденных крыс в культуре. Было показано, что ГГМП оказывают тормозящее действие на работу ресничного аппарата, вплоть до полного подавления двигательной активности. Является важным, что модельные исследования были проведены таким образом, что компенсаторные реакции не могли вмешаться в формирование биоэффекта, так как двигательная активность ресничного аппарата эпендимных клеток изменялась под влиянием ГГМП при отсутствии нейрогуморальных влияний.

Под руководством Ю.Г. Григорьева были проведены эксперименты по оценке влияния кратковременного экранирования геомагнитного поля на содержание биологически активных веществ в крови морских свинок. Животных помещали в двойной стальной цилиндр с дном внизу и открытый сверху, ослабляющий индукцию ГМП в 10 раз. Имелся sham-контроль. Через 3 мин, 1 и 2 ч пребывания в экранирующей камере животных извлекали и в течение 1 мин забивали путем декапитации. В крови морских свинок определяли содержание адреналина, норадреналина, гистамина, П-оксикортикостероидов, активность ацетилхолинэстеразы в плазме и эритроцитах. Экранирование ГМП в течение 30 мин привело почти к двухкратному увеличению содержания адреналина в крови. Изменения концентрации норадреналина были аналогичными. Уровень гистамина был повышен только в первые 30 мин воздействия, через 1 ч возвращался к норме, а через 3 ч отмечена тенденция к снижению концентрации этого вещества. Содержание П-оксикортикостероидов в плазме крови морских свинок постепенно увеличивалось на протяжении 3 ч нахождения в ослабленном ГМП. Существенных изменений активности ацетилхолинэстеразы в плазме и эритроцитах крови животных не наблюдалось. По мнению ученых, проводивших комплекс исследований, полученные результаты позволяют отметить высокую биологическую активность ГГМП и свидетельствуют о возможной адаптационной реакции организма на воздействие исследуемого фактора.

Особый интерес представляли изменения концентрации выбранных биологически активных веществ в головном мозге этих животных. Через 0,5 ч после помещения животных в ГГМП концентрация адреналина в головном мозге морских свинок была значительно повышена. Через 1 ч содержание этого вещества снизилось до нормы. Однако по прошествии 3 ч с момента начала экспериментального воздействия, исследуемый показатель уже был ниже контроля. Динамика изменений уровня норадреналина в период нахождения животных в ГГМП была сходной с наблюдавшимися колебаниями концентрации адреналина. Содержание гистамина и серотонина в головном мозге также было динамичным и носило фазный характер.

Анализируя динамику изменения биохимических процессов под влиянием кратковременного воздействия десятикратного снижения индукции ГМП, можно сделать вывод, что ГГМП вызывает адаптационную реакцию, проявляющуюся в волнообразных изменениях количества ряда биологически активных веществ, связанных с поддержанием гомеостаза в крови и головном мозге. Большинство биохимических показателей в крови возвратилось к норме к 3-му часу воздействия, а в головном мозге в этот срок наблюдалась вторая волна изменений.

В опытах с содержанием животных в ГГМП в течение более длительного срока (до 35 суток) изучаемые биохимические сдвиги были менее выражены. Важно отметить, что нахождение морских свинок в искаженном ГМП привело к стойким изменениям содержания в крови адреналина, норадреналина, гистамина и 11-ОКС. При исследованиях головного мозга и надпочечников были получены аналогичные результаты.

Для подтверждения биологического действия ослабленного ГМП был использован модельный эксперимент, в котором была сделана попытка модифицировать эффект, вызванный ионизирующим излучением, с помощью ГГМП. Опыты были поставлены на 450 морских свинках. Животных облучали рентгеновыми лучами 200 кв. в дозах 2,0; 2,5 и 3,5 Гр (мощность дозы 0,13 Гр/мин). Было поставлено шесть серий экспериментов с оценкой выживаемости животных. Первую группу животных помещали в камеру с искаженным ГМП за 1 сутки до рентгеновского облучения. Вторую группу животных помещали в камеру через 1 ч после облучения на 3 ч. Третья группа морских свинок находилась в искаженном ГМП как до, так и после облучения. Четвертую группу содержали в камере с ослаблением ГМП (десятикратное ослабление) в течение 14 суток до облучения. Пятую группу помещали в ту же камеру через 1 ч после облучения на 3 ч. Контрольных животных никаким дополнительным воздействиям, кроме рентгеновского облучения, не подвергали. В течение 1 ч после облучения проводили наблюдения над животными. Отмечали количество особей, выживших в течение 30 суток. В результате эксперимента были получены следующие данные. При предварительном воздействии ГГМП и искаженного ГМП выживаемость морских свинок при всех трех дозах облучения была на 7-10 % выше, чем в контроле. Воздействие обоих исследуемых факторов (ГГМП и ГМП) после облучения привело к снижению выживаемости свинок на 20-25 %. При помещении животных в искаженное ГМП до и после облучения смертность также увеличивалась, но в меньшей степени.

В следующем модельном эксперименте была поставлена задача исследовать влияние искаженного ГМП на изменения содержания биологически активных веществ в крови у облученных морских свинок во время анафилактического шока. Для этого часть животных сенсибилизировали однократным внутрибрюшинным введением 0,1 мл нормальной лошадиной сыворотки. Через 15 суток первую группу морских свинок, половина которых была сенсибилизирована, подвергли общему рентгеновскому облучению в дозе 1 Гр. Вторую группу в тот же срок поместили в искаженное ГМП (ИГМП) на 6 суток. Третья группа подвергалась комбинированному воздействию ионизирующего излучения и ИГМП (морских свинок помещали в экранированную камеру через 40 мин после рентгеновского облучения). Через сутки после извлечения из этой камеры всем животным вводили внутривенно 0,5 мл нормальной лошадиной сыворотки, то есть у сенсибилизированных морских свинок воспроизводили анафилактический шок, а несенсибилизированные служили для сравнения. Контролем также являлись необлученные животные, которым вводили разрешающую дозу сыворотки. Через 3 мин после инъекции морских свинок декапитировали. В крови определяли концентрацию биологически активных веществ.

У морских свинок, не подвергавшихся воздействию физических факторов, наблюдался тяжелый анафилактический шок, приводивший к гибели 10 животных из 11 в течение 2-3 мин. При этом было отмечено значительное увеличение концентрации гистамина, адреналина и норадреналина в крови. Пребывание животных в течение 6 суток в условиях искаженного геомагнитного поля не позволило обнаружить каких-либо статистически значимых

изменений по сравнению с первой серией опытов. Рентгеновское излучение вызвало угнетение анафилактического шока. Это выразилось в гибели только половины особей, участвовавших в эксперименте. Биохимические процессы у данной группы животных отличались от необлученных: концентрация гистамина в крови уменьшалась, содержание адреналина увеличивалось в значительно большей степени. Комбинированное действие ионизирующего излучения и искаженного геомагнитного поля вызвало приблизительно такие же биохимические изменения, как и облучение без ГГМП. Следовательно, пребывание животных в экранирующей камере не оказало существенного влияния на концентрацию биогенных аминов в крови. Однако течение анафилактического шока у морских свинок, подвергнутых комбинированному влиянию рентгеновского излучения и ИГМП, значительно отличалось от наблюдавшегося у только облученных животных. Эффект угнетения АШ в этой группе не был отмечен: из 10 участвовавших в эксперименте особей погибли 8. Содержание гистамина в крови этих морских свинок не отличалось существенно от нормы, т.е. было выше, чем при облучении без ГГМП, и ниже, чем во время анафилактического шока у контрольных животных. Возрастание концентрации адреналина было меньшим, а норадреналина – большим, чем у особей, облученных без дополнительного воздействия. Повышение содержания гистамина и уменьшение уровня адреналина в этот период могли способствовать усилению смертности морских свинок и в определенной степени снизили эффект, вызванный ионизирующим излучением. Тем самым были выявлены скрытые изменения реактивности организма, возникшие под влиянием экранирования ГМП, которые не обнаруживались другим способом.

Были получены данные, свидетельствующие о модифицирующем влиянии ГГМП на биоэффекты, вызванные ЭМП. В ряде опытов была использована модель анафи-

лактического шока (АШ). Последовательность опытов была следующей: а) влияние ЭМИ на развитие анафилактического шока (ЭМИ-АШ); б) модификация биоэффекта ЭМИ на АШ с помощью ГГМП. Опыты были поставлены на 84 морских свинках. Воздействие ЭМИ (2450 МГц) осуществляли по 30 мин ежедневно в течение 9 суток с ППЭ 1 мВт/см². Морские свинки находились в ослабленном ГМП (в 3 раза от естественного фона) и в искаженном ГМП в течение 21 суток. По критерию гибели сенсибилизированных животных при АШ были выявлены два чрезвычайно важных факта: под влиянием ЭМИ меняется реактивность иммунной системы и АШ с гибелью животных у 50 % животных не реализуется (у интактных животных их гибель при АШ была близка к 100 %); нахождение животных в ГГМП или искаженном ГМП снимает «защитный» эффект ЭМИ, и практически у всех опытных животных развивался АШ с их гибелью. Соответствующие корреляты были получены и при оценке содержания в крови адреналина, гистамина и серотонина.

Проведенные исследования отчетливо продемонстрировали наличие целого комплекса системных реакций организма в ответ на влияние ослабленного геомагнитного поля в 10 раз и более. В зависимости от степени ослабления ГМП и длительности пребывания биообъекта в этой среде могут развиться необратимые нарушения развития плода, стойкие патологические реакции, а также адаптивные стрессорные реакции. Ослабленное или искаженное ГМП может модифицировать биоэффекты воздействия других физических факторов внешней среды — ионизирующего и неионизирующего излучений. Выявляются критические системы при воздействии ГГМП — нервная и иммунная системы.

Опираясь на выше представленные результаты, а также на материалы, полученные в многолетних исследованиях Л.В. Походзей (рис. 61), в 2009 году был раз-

работан и утвержден норматив для гипогеомагнитного поля. Авторами нормативного документа были Л.В. Походзей, Ю.Г. Григорьев и др. (В разработке принимали участие сотрудники НИИ медицины труда РАМН, ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, ГНИИИ военной медицины МО РФ и др.) (рис. 62).



Рис. 61. Профессор Л.В. Походзей.





Рис. 62. Издание СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09.

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТ (ЭМИ РЧ) ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ

Направление и организация исследований

Интересы государства потребовали, чтобы в 1977 году Ю.Г. Григорьев вернулся в Институт биофизики Минздрава СССР и возглавил широкий комплекс исследований по биологическому действию неионизирующих излучений.

В Институте биофизики Ю.Г. Григорьевым был сформирован большой научный коллектив и создана современная экспериментальная база для проведения исследований по биологическому действию и нормированию электромагнитных полей. Это дало возможность в короткие сроки получить большой массив данных, позволивший оценить характер реакции организма на действие электромагнитных полей радиочастотного диапазона нетепловых уровней, роль модуляции в развитии биоэффекта, определить критические системы организма при воздействии этого вида излучения, получить научную базу для определения нормативных уровней. Юрий Григорьевич принял участие в окончательной разработке первых в СССР Государственных нормативов электромагнитных полей радиочастот для населения (1984), которые являются неизменными до сих пор²⁹.

По итогам этого направления исследований под руководством Ю.Г. Григорьева подготовлено и защищено 18 кандидатских и 5 докторских диссертаций.

²⁹ СанПиН 2963-84. Временные санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими объектами.

Смена направлений исследований, необходимость решения новых проблем для Ю.Г. Григорьева было достаточно трудным решением. Для себя он определил следующую стратегию: раз в 10-15 лет необходимо менять профиль своего исследования. Это дает возможность внести новую методологию в решение перспективной проблемы, используя предшествующий собственный опыт и дополнительный импульс вдох-



Puc. 63. B.B. Шиходыров.

новения. Работая над той или иной проблемой в течение 10-15 лет, как правило, многое уже находит свое решение и снижается эмоциональная мотивация. Работая по Государственным атомной и космической программам уже около 30 лет, Юрий Григорьевич понимал, что многие основные неотложные проблемы уже решены. Он сделал ряд монографических обобщений по результатам многолетних исследований по эти двум программам. Он был уверен, что остающийся в ИМБП высококвалифицированный научный коллектив, безусловно, решит вновь возникающие проблемы по радиационной безопасности длительных пилотируемых космических полетов.

Ю.Г. Григорьев вновь вернулся в уже родной для него Институт биофизики в качестве заместителя директора Института и заведующего лабораторией.

В это время уже был создан профильный отдел, который возглавлял профессор В.В. Шиходыров, с которым Юрий Григорьевич начинал работать в ИБФ МЗ СССР в 1949 году. В.В. Шиходыров был высоко квалифицированным специалистом-морфологом, признанным радиобиологом, он много лет возглавлял исследования, связанные с разработкой лазерного оружия. Его авторитет в этой области был неоспоримым (рис. 63).

Перед коллективом стояла задача исследовать биологические эффекты ЭМП РЧ, получить базовые материалы к обоснованию безопасных уровней ЭМП при различных видах модуляции, при сложных режимах облучений и, конечно, разработать методы защиты. Методология исследований была засекречена, это создавало определенные трудности. Сейчас предельно ясно, что гигиенические исследования не должны иметь гриф секретности.

Юрий Григорьевич Григорьев совместно с В.В. Шиходыровым продолжали формирование научного коллектива отдела. Уже в середине 1978 года в отделе работало более 240 сотрудников, включая специалистов различного профиля: радиобиологов, биофизиков, физиологов, морфологов, физиков, инженеров-дозиметристов. Отдел состоял из нескольких лабораторий: трех физиологических, морфологической, физической, первичных механизмов, биофизической и гигиенической по нормированию. Многие специалисты отдела внесли, по мнению Юрия Григорьевича, существенный вклад в решение ряда задач, которые были поставлены перед отделом, – В.С. Фокин, Р.Э. Гарибов, И.М. Дозморов, Г.И. Задонский, П.Л. Познанин, В.Б. Емельянов.

Сотрудниками физической лаборатории начала создаваться уникальная облучательская база. Были построены несколько безэховых камер, приобретен ряд генераторов ЭМП. Придавалось большое значение дозиметрии ЭМП. Физический раздел проблемы по ЭМП курировал директор МНИИРТИ М.И. Борисенко, научными консультантами были Н.П. Бехтерева и К.В. Судаков.

Сложилась весьма сложная ситуация со стандартами ЭМП. Различия стандартов СССР и США были значительными. Возникла необходимость в создании научной базы для новых подходов к нормированию электромагнитных полей. Одними из основных задач является доказательство возможностей нетепловых эффектов и определение радиочувствительности критических органов.

Влияние электромагнитных полей на мозг

Одним из критических органов является головной мозг. В этом отношении приоритетной является публикация М.Н. Ливанова, А.Б. Цыпина, Ю.Г. Григорьева в 1960 году. 30

Впервые в лаборатории Ю.Г. Григорьева была выполнена большая серия исследований с характеристикой изменений суммарной биоэлектрической активности мозга в условиях острых однократных и повторных воздействий ЭМП РЧ различных режимов, включая модуляцию и более сложную структуру электромагнитного сигнала. Впервые были получены результаты, свидетельствующие о возникновении достоверных изменений в биоэлектрической активности структуры головного мозга при воздействии низких, нетепловых уровней ЭМП РЧ. Выраженные изменения были отмечены в гиппокампе. Была впервые получена дозовая зависимость по критерию изменений биоэлектрической активности мозга в широком нетепловом диапазоне ЭМП РЧ-ППЭ от 30 до 400 мкВт/см².

На основании проведенных исследований с модулированными ЭМП РЧ Ю.Г. Григорьевым были сформулированы следующие выводы, имеющие существенные значения для обоснования предельно допустимых уровней:

- как правило, модулированные ЭМП вызывают более выраженные биоэффекты, чем непрерывный режим модуляции;
- острое воздействие модулированных ЭМП низких интенсивностей (нетепловые уровни) может привести к развитию патологических эффектов;
- имеется зависимость развития ответной биологической реакции по интенсивности и направлен-

 $^{^{30}}$ Ливанов М.Н., Цыпин А.Б., Григорьев Ю.Г. и др. К вопросу о действии электромагнитного поля на биологическую активность коры головного мозга / БЭБ и М. 1960. №5. С. 63-67.

ности реакции от конкретного режима модуляции $ЭМ\Pi$;

• влияние модуляции ЭМП РЧ более выражено при более низких уровнях интенсивности.

Под руководством Ю.Г. Григорьева в 1985 году были проведены исследования по влиянию ЭМП РЧ на формирование памяти у цыплят. Была использована модель импринтинга.

Задачей исследования являлась оценка формирования памяти (импринтинга) у цыплят после предварительного воздействия электромагнитных полей низких уровней, установить так называемую дозовую зависимость между различными уровнями ППЭ электромагнитного излучения и функциональными изменениями в наиболее чувствительной системе — в головном мозге по критерию расстройства памяти. Кроме того, была сделана попытка выявления возможности фиксации мозгом самой формы импульса ЭМП РЧ.

Эксперименты были проведены на 231 цыпленке. Облучение ЭМП осуществляли в различные периоды развития эмбрионов цыплят: на 5-е сутки, когда из первичных мозговых пузырей формируются пять отделов головного мозга; на 16-е сутки (этап завершения формирования нервной системы) и на 19-е сутки, то есть в плодный период вылупления, характеризующийся установлением функциональных связей в ЦНС.

На 5, 16 и 19-е сутки инкубации все выборки яиц переносили в безэховую камеру и опытную группу яиц подвергали воздействию ЭМП 10 ГГц (длина волны 3 см). В первой серии воздействие ЭМП осуществлялось в непрерывном режиме с ППЭ 0,4; 1; 8 и 10 мВ/см². Контрольные группы находились в тех же условиях, но без воздействия ЭМП. Через 24 ч после импринтирования проводили тестирование на запечатлевание импринт-объекта. В манеже цыпленку предъявляли два движущихся объекта:

красный шар (импринт-объект) и синюю коробку, которая служила дифференцировочным объектом. Запечатлевание констатировали в тех случаях, когда цыплята предпочитали импринт-объект.

Полученные данные свидетельствуют, что однократное воздействие СВЧ-полем с ППЭ 1 мВт/см² в течение 30 мин на цыплят в период эмбрионального развития как на 5-е, так и на 16-е сутки инкубации, может затормозить процесс запечетлевания, примерно, у 50 % животных.

Была предпринята попытка получить представление о пороговом уровне действия ЭМП на импринтинг у цыплят при облучении эмбрионов в конце эмбрионального периода. Эмбрионы были подвергнуты воздействию ЭМП на 19-е сутки развития с ППЭ 0,4 мВт/см² в течение 30 мин. В итоге, около 32 % облученных цыплят не смогли импринтировать, а в контроле 98 % цыплят следовали за импринт-объектом. Следовательно, было сделано заключение, что интенсивность 0,4 мВт/см² лежит выше порогового уровня.

Таким образом, проведенные исследования показали, что кратковременное воздействие немодулированным ЭМП в период эмбрионального развития может привести к нарушению процесса импринтинга (запечатлевания). Наибольшие изменения, отсутствие запечатлевания у 100 % цыплят отмечались при воздействии ЭМП с ППЭ 10 и 8 мВт/см², при меньших интенсивностях ЭМП 1 и 0,4 мВт/см² наблюдалась лишь частичная потеря способности к запечетлеванию.

В итоге, была получена дозовая зависимость в диапазоне низких нетепловых уровней ЭМП РЧ по критерию нарушений высшей нервной деятельности головного мозга в модельном эксперименте.

Юрием Григорьевичем Григорьевым были получены впервые уникальные данные о восприятии/запоминании головным мозгом эмбриона сигнала ЭМП, определенной

модуляции ЭМП РЧ и сохранения этой информации в постнатальном периоде. Для этих целей была использована модель импринтинга. Была показана возможность выработки временных связей у 15-суточных куриных эмбрионов при помощи электрического тока и звука звонка.

Для решения поставленной задачи было использовано 127 эмбрионов, из них в контрольных группах было 58, а в опытных – 69. Эмбрионы опытных групп на 16-е сутки инкубации подвергали воздействию в течение 5 мин ЭМП при ППЭ 40 мкВт/см² с различными частотами модуляции в режиме меандр (1, 2, 3, 7, 9 и 10 Гц). Контрольные эмбрионы находились в аналогичных условиях, но не подвергались облучению. С целью установления возможности фиксации модулированного электромагнитного сигнала световые тест-стимулы предлагали цыпленку только через 48 ч, то есть когда срок импринтирования уже прошел.

Исследования были начаты с цыплят, эмбрионы которых на 16-е сутки инкубации были облучены модулированным ЭМП с частотой модуляции 10 Гц. Через 48 ч после вылупления 24 контрольным и 25 опытным цыплятам предъявляли для выбора два световых стимула с частотой мельканий 2 и 10 Гц (во всех последующих случаях, как упоминалось ранее, различия между импринт-стимулом и дифференцировочным стимулом составляли 8 Гц). Контрольные цыплята проявили безразличие к обоим стимулам, и только один цыпленок находился больше в зоне стимула с частотой мелькания 10 Гц.

У цыплят, облученных с частотой 10 Гц, реакция приближения к стимулу с частотой 10 Гц была более четко выражена по сравнению со стимулом в 2 Гц. Время нахождения в зоне стимула с частотой 10 Гц у опытных цыплят было равно 159 с, количество подходов и контактов у них составило 2,5 и 1,8 соответственно, а у контрольных — 93 с, 0,5 и 1,3. Различия между данными контрольной

и опытной групп были статистически достоверны при p=0.05. Индексы предпочтения у облученных в эмбриогенезе цыплят по всем показателям были равны 0.7; 0.7 и 0.8, что свидетельствовало о предпочтении облученными цыплятами стимула с частотой $10~\Gamma$ ц. Из опытных цыплят явное предпочтение стимула с частотой $10~\Gamma$ ц наблюдали в 56~% случаев. Из контрольных цыплят предпочтение стимула с частотой $10~\Gamma$ ц отмечалось у одного. Различия между контролем и опытом статистически достоверны с вероятностью 97.5~%.

Аналогичные данные были получены при облучении 16-суточных эмбрионов ЭМП с частотой модуляции 9 Гц. У пяти контрольных цыплят средние значения индексов предпочтения были равны 0,4 и 0,54, что свидетельствовало об отсутствии предпочтения какому-либо тест-стимулу. И только у одного цыпленка отмечали предпочтение световому стимулу с частотой 9 Гц. У девяти цыплят, облученных в эмбриогенезе с частотой 9 Гц, наблюдали иную картину, чем в контроле. Они больше времени находились в зоне стимула в 9 Гц, чаще подходили и контактировали с ним, чем контрольные цыплята. Из девяти цыплят, облученных в эмбриогенезе с частотой модуляции 9 Гц, пять предпочитали световой стимул с частотой 9 Гц, на что указывает высокий стимул предпочтения: по времени нахождения (0,7-1,0), по количеству подходов (0,6-1,0) и контактов (1).

Иная картина получена при воздействии на 16-суточные эмбрионы ЭМП с частотой модуляции 7, 3, 2 и 1 Гц. При предъявлении цыплятам, облученным в эмбриогенезе с частотой модуляции 7 Гц, световых стимулов с частотой мельканий 7 и 15 Гц их реакция не отличалась от реакции контрольных цыплят. Из пяти контрольных цыплят только у одного отмечалось явное предпочтение светового стимула с частотой 7 Гц. Остальные цыплята практически не обращали внимания на световой стимул, и индексы предпочтения у них по времени нахождения, ко-

личеству подходов и контактов были равны 0,2. У цыплят, облученных в эмбриогенезе с модуляцией 7 Γ ц, средние значения индексов предпочтения составили 0,2; 0,3 и 0,16, что также свидетельствовало об отсутствии предпочтения стимула с частотой 7 Γ ц. Однако у трех из десяти облученных цыплят наблюдали хорошо выраженную реакцию приближения к световому стимулу с частотой 7 Γ ц (индексы предпочтения у них были больше 0,5).

При облучении эмбрионов ЭМП с частотой модуляции 1 или 3 Гц все цыплята (как контрольные, так и облученные в эмбриогенезе) не проявили предпочтения к этим частотам (рис. 64). При частоте модуляции 2 Гц у облученных цыплят наблюдалось предпочтение к этому стимулу только в 20 % случаев, а у контрольных предпочтение полностью отсутствовало.

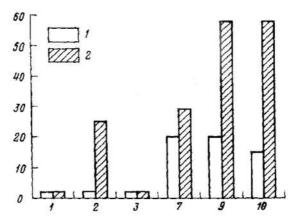


Рис. 64. Запечетлевание модулированного сигнала ЭМП РЧ головным мозгом цыплят во время их облучения в периоде эмбриогенеза с различной частотной модуляцией:

1 — контроль; 2 — облучение. По оси ординат число цыплят с импринтингом, %; по оси абсцисс — частотная модуляция в Γ ц.

Таким образом, в экспериментах была показана возможность восприятия головным мозгом 16-суточного эмбриона частоты модуляции 9 и 10 Гц электромагнитных

полей (несущая частота 10 ГГц, 40 мкВт/см²). У цыплят, облученных на 16-е сутки инкубации с модуляцией 9 или 10 Гц, восприятие отмечалось в 55 и 56 % случаев соответственно.

Полученные данные свидетельствовали о том, что головной мозг эмбрионов, по-видимому, может зафиксировать электромагнитный стимул с модуляцией в диапазоне 9–10 Гц в режиме меандр и сохранить эту информацию после рождения.

В 1997 году, в связи с появлением мобильной связи и реальной возможностью облучения головного мозга пользователя ЭМП мобильного телефона, Григорьевым Ю.Г. и Лукьяновой С.Н. впервые в этой области были проведены биоуправляемые радиобиологические эксперименты с обратной связью по влиянию на биоэлектрическую активность головного мозга ЭМП малой интенсивности. Эксперименты были выполнены на кроликах в условиях безэховой камеры. Голова животного подвергалась кратковременному облучению ЭМП РЧ с ППЭ менее 500 мкВт/см². Важным являлось использование модуляции, которая соответствовала определенному частотному диапазону ЭЭГ. Последний, с помощью анализатора спектров ЭЭГ, выделяли из выбранной суммарной кривой биотоков, регистрировали одновременно с облучением, на основе чего формировался электромагнитный сигнал. Безартефактные электроды, заранее вживленные в различные зоны коры головного мозга, что позволяло оценить ЭЭГ выбранной области и сравнить с изменениями в других отделах коры головного мозга до, во время и после облучения.

В результате впервые было зафиксировано достоверное усиление энергии биоритмов с частой избранной модуляции ЭМП в эксперименте с обратной связью.

Таким образом, в результате проведенных экспериментов с импринтингом и с обратной связью, была показана, во-первых, возможность прямой фиксации мозгом

воздействующей частоты ЭМП, во-вторых, навязывание мозгу режима модуляции, присутствующему в ритме биотоков мозга и, наконец, в-третьих, прямого действия ЭМП на мозг.

До сих пор можно считать классическими опыты на куриных эмбрионах по оценке неблагоприятного влияния физических факторов внешней среды на эмбриогенез, хотя это достаточно далекая модель от реальной ситуации.

Этой моделью воспользовался Ю.Г. Григорьев для оценки действия ЭМП сотового телефона в период эмбрионального развития. В качестве модели были выбраны эмбрионы цыплят. Были специально сконструированы инкубаторы, не содержащие металлических элементов. Опытный инкубатор располагался на расстоянии 2 м от контрольного, и оба инкубатора находились в одной лабораторной комнате. Эксперимент проводили совместно с участием французских коллег.

Яйца располагали на подставке из оргстекла в специальных ячейках на высоте 27 см от дна инкубатора в горизонтальной плоскости в полной темноте. В каждом инкубаторе было по 63 яйца. Свежие оплодотворенные яйца (кросс «Ломан коричневый») получали с Государственного птицеводческого завода (г. Сергиев-Посад).

Эмбрионы в течение всего эмбрионального периода (21 суток) подвергали облучению ЭМП мобильного телефона GSM 900/1800, который крепился над платформой с яйцами на расстоянии 10 см (рис. 65). Мобильный телефон дистанционно (электрическим коммутатором) переводили в режим «вызов» на 1,5 мин, затем отключали на 0,5 мин. В такой последовательности телефон включался в течение всех 21 суток.

Инструментальный контроль интенсивности электромагнитного поля внутри инкубатора был выполнен с помощью широкополосного (0,1-3000 М Γ ц) измерителя EMR-20 и анализатора электромагнитного поля в диапазо-

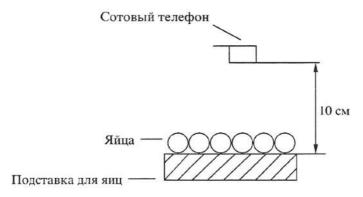


Рис. 65. Схема расположения яиц и мобильного телефона в инкубаторе.

не 5 Γ ц-30 к Γ ц EFA-3. Частота несущего сигнала мобильного телефона, приблизительно 1714 М Γ ц, была определена с помощью анализатора электромагнитного поля Protek-3200.

Перед инкубацией все яйца были проверены на просвет на овоскопе на возможные трещины в скорлупе и другие повреждения. После этого яйца произвольно были разделены на две группы: опытную и контрольную, по 63 яйца. В обоих инкубаторах закрепляли одинаковые мобильные телефоны на 21 сутки, то есть на весь период инкубации. В одном инкубаторе телефон был включен, а в другом – выключен (sham control – «ложное облучение»).

В период развития алантоиса, яйца с 3-х по 13-е сутки с двухдневным интервалом обследовали на овоскопе на наличие эмбриональной смертности. С 13-х суток яйца становятся светонепроницаемыми, поэтому следующую оценку смертности эмбрионов проводили уже на 21-е сутки в период вылупления.

Соответствующая динамика гибели эмбрионов представлена на рис. 66.

Сравнение смертности в группах по критерию Стьюдента при оценке достоверности для альтернативных

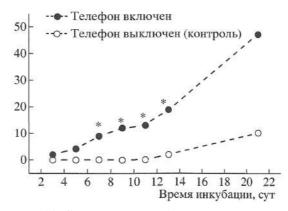


Рис. 66. Смертность эмбрионов в опытной и контрольной группах в течение 21 суток инкубации.

признаков различия достоверны с вероятностью 99,9 %; p < 0.001.

В опытной группе нарушение эмбрионального развития началось уже на 3 сутки и продолжалось на протяжении всех 21 суток. Получена значительная гибель эмбрионов в опытной группе — до 50 %. Следует отметить, что часть опытных цыплят вылупилась раньше 21 суток. Большинство из них были нежизнеспособны, а у некоторых особей наблюдались пороки развития. Полученные в этом эксперименте результаты позволяют сделать вывод, что прерывистое воздействие ЭМП 900/1800 МГц мобильного телефона в течение периода инкубации куриных яиц неблагоприятно действует на развитие эмбрионов, в частности увеличивает их гибель.

Результаты представленного исследования позволили сделать вывод, что воздействие ЭМП РЧ сотового телефона во время беременности с очень низкой ППЭ может оказать неблагоприятное влияние на плод и на жизненные функции новорожденного.

По итогам проведенных многолетних исследований по проблеме было оформлено две заявки на открытие. Они успешно прошли несколько этапов экспертиз, но отсут-

ствие соответствующей экспертной инстанции в СССР и распад страны в декабре 1991 года не позволили Ю.Г. Григорьеву, С.Н. Лукьяновой и В.П. Макарову получить очень желаемые дипломы на открытие.

Проблема нормирования ЭМП РЧ. Российско-французский эксперимент

В настоящее время особое значение приобрели работы по оценке опасности для населения электромагнитных полей мобильной связи, научным руководителем которых является Юрий Григорьевич.

Научно-консультативный комитет международной программы «ЭМП и здоровье» ВОЗ в 2005 году по предложению профессора Ю.Г. Григорьева принял решение подтвердить ранее полученные результаты в СССР хронического воздействия ЭМП РЧ малой интенсивности в целях определения научной базы для нормирования ЭМП РЧ. Для решения этой задачи были выбраны три ранее проведенных эксперимента по иммунологическим эффектам, которые были проведены академиком М.Г. Шандалой и его коллегами. Была поставлена конкретная задача: подтвердить, что ЭМП РЧ нетепловой интенсивности влияет на уровень антител к антигенам различных органов (мозга и печени) в условиях хронического воздействия.

В эксперименте применялись ранее использованные соответствующие модели и дополнительно были созданы современные условия воздействия и методы дозиметрии ЭМП РЧ. Кроме того, было проведено более корректное планирование всех этапов исследования с использованием слепого метода, а также современная дополнительная методика иммуноферментного анализа — метод Elisa.

Эксперименты были проведены одновременно в России и Франции.

По согласованию с ВОЗ, в качестве базовой организации для проведения исследования был выбран ГНЦ – Институт Биофизики. Облучение животных и дозиметрия ЭМП РЧ были обеспечены Центром электромагнитной безопасности с участием французских специалистов.

Созданные условия электромагнитного воздействия гарантировали равномерное поле облучения всех групп опытных животных в равных поглощенных дозах.

Проведение всего цикла эксперимента, включая обработку полученного материала, анализ результатов и формулирование заключения проводились при участии Научного наблюдательного Комитета, представляющих ученых Германии, Италии и США.

Выполнение эксперимента в полном объеме по протоколу ВОЗ и в рамках международной программы, потребовало от научного коллектива три года работы (2005-2007 гг.). Отчет по результатам эксперимента и общее заключение были одобрены ВОЗ и Научным наблюдательным Комитетом

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 плотностью потока энергии (ППЭ) 500 мкВт/см² составляла 30 суток по 7 часов в день. Осуществлялось общее (тотальное) воздействие эллиптически поляризованного ЭМП РЧ частотой 2450 МГц (непрерывная генерация) в дальней зоне поля (плоская электромагнитная волна), направление воздействия — сверху. Плотность потока энергии была эквивалентной плоской волне в местах размещения экспериментальных животных в условиях «свободного пространства» и составляла 500 мкВт/см².

В этом эксперименте истинное и «ложное» воздействие ЭМП РЧ осуществлялось в 2 экранированных

безэховых камерах. Для размещения экспериментальных животных использовали специально изготовленные клетки в виде кольца (рис. 67). Клетки были изготовлены полностью из диэлектрических материалов — органического стекла и ПВХ. В «кольце» размещались 16 экспериментальных животных по одной крысе в каждой клетке. Крысы не фиксировались.

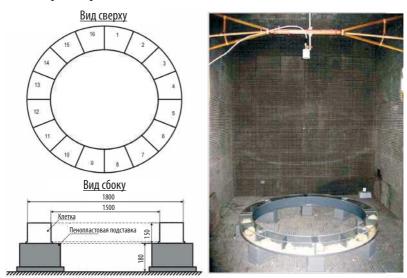


Рис. 67. Схема расположения клеток и общий вид экспериментальной установки при облучении крыс в безэховой камере.

Расчеты интенсивности ЭМП РЧ были выполнены лабораторией XLIM, г. Лимож, Франция и показали, что экспериментальная установка обеспечивает значения ППЭ 500 мкВт/см² в клетках.

Результаты эксперимента, с использованием методик РСК и ELISA, подтвердили ранее полученные данные в СССР об индукции аутоиммунного ответа (образование антител к тканям мозга) при хроническом воздействии ЭМП РЧ низкой интенсивности (30 дней воздействия

ЭМП РЧ, по 7 часов в сутки с ППЭ 500 мкВт/см²). Получены данные о возможном неблагоприятном влиянии сыворотки крыс, облученных ЭМП РЧ (30 дней воздействия ЭМП РЧ по 7 часов в сутки с ППЭ 500 мкВт/см²) на течение беременности, развитие плода и потомства.

Следовательно, получены результаты, которые подтверждают правомерность использованной базы данных о нетепловых механизмах биологического действия ЭМП РЧ низкого уровня интенсивности, полученные ранее в 1956 году для обоснования стандартов для ЭМП РЧ в СССР (СанПин 2963-84).

Основные результаты этого эксперименты были опубликованы в журнале «Радиационная биология. Радиоэкология» РАН в 2010 году в пяти сообщениях 31 , а также за рубежом 32 .

Сотовый телефон и дети

При использовании сотового телефона дети подвергают электромагнитному излучению свой головной мозг. Это происходит впервые за весь период цивилизации. Последствия этого воздействия не известны. Дети отнесены в группу риска.

С 2006 года и по настоящее время (2019 г.) Н.И. Хорсевой и Ю.Г. Григорьевым осуществлены уникальные многолетние (лонгитюдные) исследования изменений психофизиологических показателей детей в реальных условиях пользования сотовыми телефонами. Исследования были организованы на базе лицея № 10 г. Химки Московской

 $^{^{31}}$ Журнал «Радиационная биология. Радиоэкология», том 50, №1, С 5-36.

³² A confirmation studies of soviet research on immunological effects of microwaves: Russian immunology results. J. Bioelectromagnetics.2010, Vol. 31, N8, p. 589-602.

области. Это первые в мире исследования, в которых была сформирована контрольная группа из детей, которые не имели мобильные телефоны и ими не пользовались.

В рамках реализации программы, уже с января 2007 года была начата комплексная диагностика нейродинамических особенностей детей, которая включала психофизиологические показатели, нейропсихологический статус и уровень развития речи, а также анализ анамнестических и анкетных данных.

На заключительном этапе этого исследования были получены следующие функциональные изменения у детей – пользователей СТ, которые рассматриваются нами, как этапные, не окончательные.

- 1. Изменение скорости простой слухо-моторной реакции (увеличение времени реакции на звуковой сигнал) выявлено у 66,7 % детей тестовой группы. Однако эффект замедления динамики простой слухо-моторной реакции как при стерео-, так и при монопредъявлении звукового сигнала проявлялся только при достижении определенного суммарного времени пользования ребенком мобильным телефоном: для детей 7 лет оно составило 360 мин, 9 лет 750 мин.
- 2. Изменение показателя работоспособности выявлено в 50,7% случаев, из них у половины детей-пользователей было получено выраженное снижение работоспособности до нижней границы нормы.
- 3. В 39,7 % случаев установлено увеличение показателя утомления, причем в 30 % случаев эти изменения авторы относят к существенным.
- 4. Зарегистрировано ухудшение когнитивных процессов, а именно снижение показателей «продуктивности» (14,3 %) при выполнении теста «устойчивость произвольного внимания» и точности (19,4 %) и/или увеличение времени (30,1 %) при выполнении теста «смысловая память».

5. Было зарегистрировано увеличение числа нарушений фонематического восприятия практически у всех детей — пользователей сотовой связью. Выраженность этих изменений была тем выше, чем больше суммарное время пользования.

Работа с родителями и педагогическим коллективом лицея, на базе которого проводится мониторинг, дала некоторые результаты. Во-первых, большинство родителей стали ограничивать время пользования мобильной связью детьми, используют SMS-сообщения, нередко отказывать ребенку в приобретении сотового телефона, мотивируя это его вредностью. Во-вторых, дети перестали носить телефон на груди на шнурке, а кладут его в портфель, в ранец.

Таким образом, полученные результаты многолетнего лонгитюдного психофизиологического исследования детей — пользователей СТ, позволили сделать вывод, что ЭМП сотового телефона могут оказать негативное влияние на развивающийся мозг ребенка в случае бесконтрольного интенсивного его использования.

Суммарные итоги этого многолетнего исследования были обобщены в монографии, изданной в 2014 году³³ (рис. 68).

На протяжении более 25 лет Ю.Г. Григорьев активно выступает с предупреждением о возможности развития отдаленных последствий облучения у пользователей сотовыми телефонами. Как в нашей стране, так и за рубежом профессор Ю.Г. Григорьев признан ведущим специалистом по проблеме оценки опасности и нормированию электромагнитных полей вообще, и создаваемых мобильной связью в частности. Только за последние годы им совместно с коллегами изданы монографии: Ю.Г. Григорьев, О.А. Григорьев «Сотовая связь и здоровье»

³³ Григорьев Ю.Г., Хорсева Н.И. Мобильная связь и здоровье детей. Оценка опасности мобильной связи детьми и подростками. Рекомендации детям и родителям: монография. М., 2014.

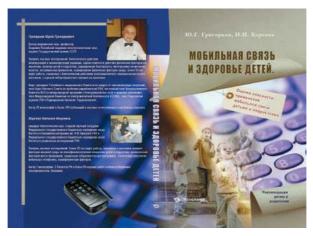


Рис. 68. Обложка монографии «Мобильная связь и здоровье детей. Оценка опасности мобильной связи детьми и подростками. Рекомендации детям и родителям».

(2013, 2016 гг.) (рис. 69) и Ю.Г. Григорьев, Н.И. Хорсева «Мобильная связь и здоровье детей» (2014 г.), ряд статей в рецензируемых журналах, написаны три главы, изданные в книгах США.

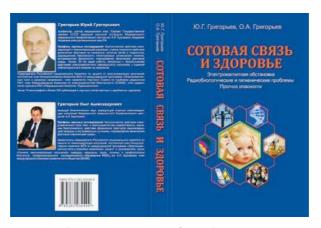


Рис. 69. Обложка монографии Ю.Г. Григорьева, О.А. Григорьева «Сотовая связь и здоровье», 2013.

ГЛАВА 6. СОЗДАНИЕ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ Ю.Г ГРИГОРЬЕВА. 60 ЛЕТ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Начнем эту главу с передачи отношения профессора Юрия Григорьевича Григорьева к педагогическому процессу подготовки молодых ученых.

Конечно, особое значение в моей жизни занимала проблема подготовки молодых ученых — моих учеников. Процесс подготовки каждого диссертанта для научного руководителя это, как длительный творческий процесс, так и формирование самой личности ученого с соответственными душевными качествами. Важен этап совместной работы над текстом диссертации — этап приобретения молодым ученым конкретных навыков оформления своих творческих идей.

Кроме выбора темы для диссертации, процесса проведения исследований, публикации результатов и информативного их изложения, обдумывались и обсуждались с каждым диссертантом все возможные ситуации во время защиты, все детали: поведение на трибуне, форма обращения к членам Совета, стиль самого доклада, краткость и информативность ответов на вопросы и даже стиль одежды.

Начало работы с молодым соискателем я начинал с оценки его рабочего места у него дома, так как по собственному опыту я четко понимал, что подготовить диссертационную работу только в течение формально отведенного времени не возможно.

Я считал необходимым для формирования у молодых ученых этики в науке и самоуважение организовывать обсуждение возникающих проблем у себя дома, за чашечкой кофе. В этом меня убедили мои учителя Л.А. Орбели,

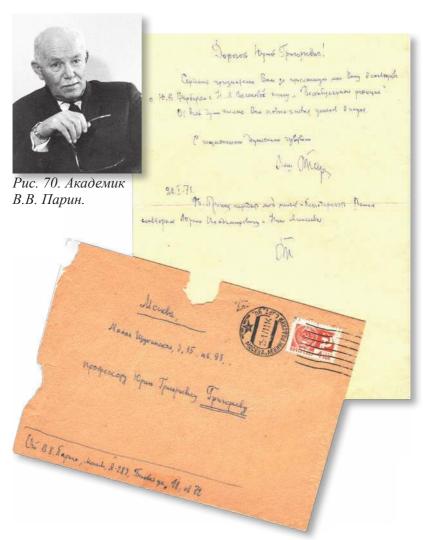


Рис. 71. Благодарственное письмо академика В.В. Парина на научную публикацию Ю.Г. Григорьева.

Н.П. Бехтерева, М.П. Домшлак, В.В. Парин, А.М. Кузин, П.Д. Горизонтов и А.И. Бурназян.

Сейчас получаю дополнительный импульс от наших встреч и бесед за чашкой кофе о моем творческом пути с Л.А. Ильиным и А.С. Самойловым.

Было очень эмоционально оценено Ю.Г. Григорьевым, еще молодым ученым, получение на домашний адрес благодарственного письма на его публикацию от всемирно известного ученого академика В.В. Парина (рис. 70, 71). Это также положительно повлияло на последующее отношение Юрия Григорьевича к своим ученикам.

Следует отметить, что на этапе своего роста Ю.Г. Григорьев предъявлял высокие требования к процессу защиты своей докторской диссертации (1962 г.). По его желанию защита состоялась в зале президиума АМН СССР (из диссертации были удалены материалы с грифом «секретно»). Консультантами диссертации были академики А.В. Лебединский и М.Н. Ливанов, профессор М.П. Домшлак, а оппонентами были академики П.Д. Горизонтов, Г.М. Франк и А.К. Гуськова.

Будучи курсантом ВМА, Ю.Г. Григорьев уже пробовал выступать с докладами (рис. 72).

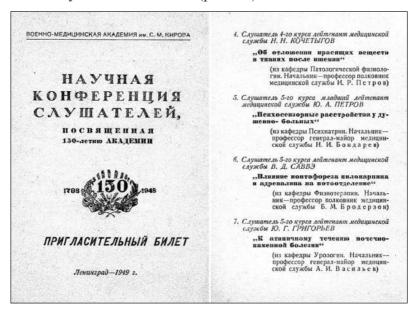


Рис. 72. Пригласительный билет на научную конференцию слушателей ВМА им. С.М. Кирова.

После первых успешно защищенных диссертаций, решил создать «Стенд учеников» с их фотографиями и названиями диссертаций. Сейчас этот стенд, на котором имеется информация на подавляющее большинство учеников с 1964 года, находится в офисе, а копия — у меня дома. Все очень дорогие лица моих учеников ежедневно передо мной как на работе, так и дома. Старостой коллектива моих учеников уже много лет является А.В. Шафиркин (рис. 73).

50 лет педагогической деятельности (1964–2014) профессора Ю.Г. Григорьева



ИМБП
ФМБА России

Шфиркин Александр
Венециан/Анович
Радиобизголическое обоснование величин
радиационного риска и ноды по радиационной
безопасности космических падетов.
Докторская диссертиция
1999 год

Рис. 73. Стенд учеников Ю.Г. Григорьева с 1964 г.

ДИССЕРТАЦИИ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ПОД РУКОВОДСТВОМ

ПРО ФЕССОРА ГРИГОРЬЕВА Ю.Г. С 1964 Г.



1. ПОЛЯКОВ Б. И.

- 2. СВЕШНИКОВ А. А.
- 3. CEBAHDKAEB A. B.
- 4 HECTEPEHKO B.C.
- 5. BAPAHOBA B. F.
- 6. OAPBEP 10 B.
- 7. CABUEHKO H.A.
- 8. ГАЛИЧ В. А.
- 9. СУСЛОВА Л. Н.
- 10. ABPAMOBA F. M.
- 11. НЕВЗГОДИНА Л.В.
- 12 КАЛАНДАРОВА М. П.
- 13. ГИНЗБУРГ Е.В.
- 14. САКОВИЧ И. С.
- 15. CEPAR B. M.
- 16. 3YXBAR T.M.
- 17. ЮРГОВ В. В.
- 18. ГОВОРУН Р. Д.
- 19. BYPKOBCKAR T.E.
- 20. БУДЫЛИН В. Н.
- 21. ПАПЬЯН Н М.
- 22 ТАВАКОВА Л. А.
- 23. ABPAMOBA B. M.

КАНДИДАТСКИЕ ДИССЕРТАЦИИ

- ФЕДОРОВА Н. Л. 40. ПИЧУТИН В.Ю.
- 25. SYBEHKOBA 9. C.
- 26. BOPORIJOBA C.B.
- 27. МАЛЮТИНА Т.С.
- 28. KABAUEHKO A. H.
- 29. ВЕКШИНА Л.К.
- 30. ЗАЛИКИНА Ж. Г.
- 31. АНТИПЕНКО Ж. Б
- 32. ШЕИН В.И.
- 33. ЩАФИРКИН А.В.
- 34. РЫНСКОВ В.В
- 35. ПОДКОВКИН В. Г.
- 36. ФАМЕЛИС С. А.
- 37. ДАВИДЕНКО А.В.
- 38. CEMEHOB C. IO.
- 39. ГОРШКОВ В.В.

- 41. HECTEPEHKO B. C.
- 42. ПЕЧЕНИХИН А.И.
- 43. ВИНОГРАДОВА З. А.
- 44. ТРИФАНОВ С. И.
- 45. АРИФУЛИН А.А.
- 46. ЖУКОВ В. В.
- 47. СКРЫЛЕВ К.М.
- 48. СИЛИН Д.Я.
- 49. ВЕСХЛЕБНОВА Л. В.
- 50. MAKAPOB B. II.
- 51. UMYTHH E. A.
- 32. ГРИГОРЬЕВ О. А.
- КУМЕЦ П. И.
- 54. КОЧИНЯН ТЗ
- 55. YMAPOB K.

ДОКТОРСКИЕ ДИССЕРТАЦИИ

- 1. ИЛКЖИН А. В.
- 2. FORTOB B.F.
- 3. РЫНСКОВ В.В.
- 4. BATAHOB F. B.
- 5. HECTEPEHKO B.C.
- 6. САНДОДЗЕ В. Н.

- 9. CEBAHBKAEB A. B.
- 10. МЕРКУПОВА Л. М.
- 11. АРЛАЩЕНКО Н. И.
- 12 ЛУКЬЯНОВА С. Н.
- 13. ШАФИРКИН А. В.
- 14. ПОДКОВКИН В. Г.
- 7. МОЛДОДАШЕВ Б.Ф. 15. ГРИГОРЬЕВ О.А.

8. HEBCKAR T.O.

Рис. 74. Диссертации, выполненные под руководством профессора Ю.Г. Григорьева Ю.Г. Григорьевым создана школа в области радиобиологии ионизирующих и неионизирующих излучений, гигиены и экстремальной физиологии. Продолжая лучшие традиции отечественной науки, благодаря ежедневному вниманию индивидуально к каждому соискателю, под его руководством на 2019 год было подготовлено и успешно защищено 70 кандидатских и докторских диссертаций (55 кандидатских и 15 докторских) (рис. 74).

Прошло 30 лет после моего 60-летнего юбилея, но до сих пор осталась в памяти встреча с моими учениками в тот юбилейный день. Мое душевное состояние трудно передать. Более 20 моих учеников, молодых красивых, но уже зрелых ученых, с улыбкой на лице, с цветами пришли ко мне домой. Когда я их увидел, то про себя подумал: «Не зря прожил жизнь, я не только посадил дерево» (рис. 75, 76).



Рис. 75. Перед встречей с руководителем, 1985 г.



Рис. 76. Поздравления учеников своего руководителя в день его 60-летия, 14 августа 1985 г.

Будучи оппонентом, Юрий Григорьевич способствовал становлению более 100 молодых ученых. Каждое участие в работе диссертационного Совета было для него событием.

Считаю целесообразным обратить особое внимание на очень редкое событие: проведение научных форумов по актуальным проблемам современного мира, волнующие ведущих отечественных и зарубежных ученых, с привлечением студентов младших и старших курсов медицинских вузов, с целью их объективной оценки возникшего электромагнитного хаоса с широким использованием сотовой связи, влияние которого они принудительно испытывают на себе.

В Воронежском ГМУ им. Н.Н. Бурденко (ректор – профессор И.Э. Есауленко) в 2015 году была проведена І международная студенческая конференция «МОБИЛЬ-НАЯ СВЯЗЬ И ЗДОРОВЬЕ». В 2017 и 2018 годах были проведены ІІ и ІІІ международные студенческие конференции уже по второй только опубликованной книге Гри-

горьева Ю.Г. и Н.И. Хорсевой «Мобильная связь и здоровье детей» 34 .

Непосредственным организатором и вдохновителем этих конференций были профессор Зоя Афанасьевна Воронцова, заведующий кафедрой гистологии ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, являющаяся многие годы членом национального комитета по защите от неонизирующей радиации, и профессор Ю.Г. Григорьев.

Профессор З.А. Воронцова, по предложению Юрия Григорьевича, рекомендовала студентам выбрать тему докладов, используя, прежде всего, материалы опубликованной монографии Ю.Г. Григорьева и О.А. Григорьева «СОТОВАЯ СВЯЗЬ И ЗДОРОВЬЕ» 35. Названия и тематика докладов указывали на адекватную оценку возникшей ситуации и на творческое мышление. Вот несколько примеров: «Возрастная электромагнитная чувствительность»; «Мысли о перспективе развития и безопасности сотовой связи»; «Воздействие ЭМИ на психические и познавательные процессы».

Является важным, что студенты осуществляли научный поиск, интерпретируя актуальные проблемы нашего времени и апробируя свои доклады в многолюдной студенческой аудитории. Юрий Григорьевич присутствовал на одной из конференций, комментировал эти доклады, информируя аудиторию о последних Решениях международной научной общественности по этой проблеме.

Профессор З.А. Воронцова провела три аналогичных молодежных конференции (в 2015, 2017 и 2018 гг.). За

 $^{^{34}}$ Мобильная связь и здоровье детей. Оценка опасности применения мобильной связи детьми и подростками. Рекомендации детям и родителям / Ю.Г. Григорьев, Н.И. Хорсева. М. : Экономика, 2014. 229 с.

³⁵ Сотовая связь и здоровье: электромагнитная обстановка, радиобиологические и гигиенические проблемы, прогноз опасности / Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А.; Федеральный мед. биофизический центр им. А.И. Бурназяна. М.: Экономика, 2013. – 565 с.



Рис. 77. Коллаж с молодежных конференций. На первом плане З.А. Воронцова и Ю.Г. Григорьев.

этот период было представлено 68 студенческих докладов, в подготовке которых приняли участие более 150 студентов, в дебатах участвовали более 1500 студентов (рис. 77). Материалы этих конференций выходили в свет в офици-

альных изданиях, например, Материалы II Международной студенческой конференции «МОБИЛЬНАЯ СВЯЗЬ И ЗДОРОВЬЕ», г. Воронеж, 2017, 119 стр. (рис. 78).

17	ПАРХОМЕНКО Н.В., ХРИПУШИН Н.А. СОТОВАЯ СВЯЗЬ И ОБОНЯНИЕ воронежский государственный медицинский университет им. н.н. бурденко
18	ХОДАСЕВИЧ Е.А., ЛИХАЧЕВ М.С. ВЛИЯНИЕ ЭМП СОТОВОГО ТЕЛЕФОНА НА СПЕРМАТОГЕНЕЗ витебский государственный медицинский университет воронежский государственный медицинский университет им. н.н. бурденко
19	СВИРИДОВ И.А., КОКОЙЧЕНКОВА А.К. ВЛИЯНИЕ ЭМП МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА НА РЕПРОДУКТИВНУЮ СИСТЕМУ КРЫС-САМЦОВ В СТАДИИ РАННЕГО ОНТОГЕНЕЗА ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.Н. БУРДЕНКО
20	ДЖУМАБОЕВ Ш.Д. ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗЬЮ И АУТИЗМА У ДЕТЕЙ ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УКИВЕРСИТЕТИМ. Н.Н. БУРДЕНКО
21	ПАНКИН Н.М., САМОЙЛЕНКО А.И. ВЛИЯНИЕ ЭМП НА ЗДОРОВЬЕ ДЕТЕЙ И МОЛОДЕЖИ воронежский государственный медицинский университетим. н.н. бурденко
22	СЕВЕРЮХИН Ю.С. МЫСЛИ О ПЕРСПЕКТИВЕ РАЗВИТИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ СОТОВОЙ СВЯЗИ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «ДУБНА»

Рис. 78. Страница из материалов II Международной студенческой конференции.



Рис. 79. «Дух эпохи диктует не останавливаться на достигнутом» (фото 3.А. Воронцовой).

Из заключительного слова Ю.Г. Григорьева на конференции (из Трудов конференции):

«Взгляд на проблему и события. Да, это было очень полезно...

Была найдена новая форма, позволяющая заинтересовать студентов к научному поиску, к оформлению своих мыслей в работе с научными источниками, воспроизвести доклад в многолюдной аудитории и попробовать себя в подготовке текста реферата для публикации.

Я принял участие в этих дискуссиях, и я видел на лицах студентов вдохновленность, «горящие глаза» и это — дорого стоит!

Является важным, что большая прослойка студентов-медиков после детальной проработки книг, будет рационально, с пониманием относиться к использованию эпохального достижения науки – мобильного телефона.»

В студенческих конференциях приняли участие студенты из вузов Москвы, Дубны, Рязани, Витебска и Воронежа.

Профессор З.А. Воронцова с благодарностью к профессору Ю.Г. Григорьеву:

«Хотелось бы выразить слова благодарности ученому, Лауреату Государственной премии СССР, профессору Юрию Григорьевичу Григорьеву за многолетнее сотрудничество и за ту связующую нить, которая определила эффект самореализации.

3.А. Воронцова»

Считаю, что эта форма привлечения молодых специалистов к научному поиску заслуживает подражания в нашем центре — ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. Необходимо поблагодарить профессоров З.А. Воронцову и Ю.Г. Григорьева за успешную реализацию этого проекта, за новую форму работы с молодыми будущими коллегами.

ГЛАВА 7. ПРИЗНАНИЕ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Ю.Г. ГРИГОРЬЕВА В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Ю.Г. Григорьев неоднократно представлял результаты отечественных исследований, выступая с докладами на международных научных форумах, участвуя в международных переговорах и при разработке международных программ в Австрии, США, Германии, Франции, Греции, Италии, Испании, Китае, Голландии, Южной Корее, Японии, Швейцарии, Швеции, Норвегии, Финляндии, Канаде, Бельгии, Болгарии, Словении, Венгрии, Чехии, Турции и в других странах.

Совместные отечественные исследования с зарубежными учеными

Большой объем исследований с тяжелыми частицами космического излучения был проведен совместно с французскими специалистами из Тулузского университета. Руководителями советско-французского эксперимента были профессора Планель (H. Planel) и Ю. Григорьев. Эта серия экспериментов на ИСЗ была проведена под кодовым названием «Биоблок-1, 2, 3, 4 и 5».

По предложению профессора Ю.Г. Григорьева Научно-консультативный Комитет международной программы «ЭМП и здоровье» ВОЗ в 2005 году принял решение подтвердить ранее полученные результаты в СССР хронического воздействия ЭМП РЧ малой интенсивности в целях определения научной базы для нормирования ЭМП РЧ. Этот эксперимент проводился совместно с учеными Франции. Его результаты были описаны нами выше.

Совместно с Чехословакией и Болгарией был проведен эксперимент с тяжелыми ионами.

Благодаря исключительной настойчивости академика О.Г. Газенко было достигнуто соглашение о совместном с США издании на русском и английском языках многотомного обобщения «Основы космической биологии и медицины» ³⁶ (рис. 80). Во втором томе этого международного издания Ю.Г. Григорьевым и К. Тобаисом представлена специальная глава «Влияние на организм излучений комического пространства». Эта глава была написана совместно, куда вошли результаты многочисленных отечественных исследований по космической радиобиологии.



Рис. 80. Совместный труд СССР и США «Основы космической биологии и медицины», 1975.

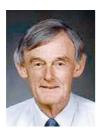
 $^{^{36}}$ Основы космической биологии и медицины — Foundations of space biology and medicineю.: Совместное сов.-амер. Изд.: В 3-х т. / Под общ. Ред. О.Г. Газенко (СССР) и М. Кальвина (США); [АН СССР, Нац. упр. по аэронавтике и исследованию косм. пространства США]. М.: Наука, 1975 г. — 430 стр. (І том) + 428 стр. (ІІ том 1 книга) + 352 стр. (ІІ том 2 книга) + 560 стр. (ІІІ том).

0 Григорьеве в зарубежной литературе

«Отважные ученые»

Международный форум «BioInitiative» в 2014 году определил список ученых под названием «Отважные ученые», который был широко распространен во многих странах мира:

«Ученые, которые в сложном мире биоэлектроники нашли силы не только бороться со сложными взаимодействиями биологии, химии, физики и электроники, но в перекрестье правительства, промышленности и военных. Несмотря на все трудности, эти ученые не только должны были разгадать тайны науки, но им пришлось выдержать осуждение, личные атаки и отсутствие финансирования, когда их научные направле-



Doctor Pocc Adey, PhD, USA (1922-2004)



Carl Blackman, PhD, USA



Martin Blank, PhD, USA



Henry Lai, PhD, USA



Professor Yuri Grigoriev, MDSci, Russia



Professor Lennart Hardell, MD, PhD



Olle Johansson, PhD, Sweden



Professor Kjell Hansson Mild, PhD, Sweden

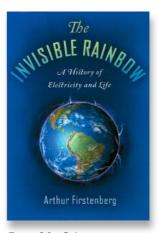
ния оспаривали и утверждали, что беспроводные технологии безопасны.

Мы приветствуем этих отважных ученых, которые героически пытались предупредить нас о коварном вреде от микроволнового излучения, что невидимо окружают нас теперь 24 часа в сутки».

В этот список «Отважных ученых» включен еще ряд ученых из Канады, Бразилии и Новой Зеландии.



Рис. 82. Страница, посвященная анализу деятельности Ю.Г. Григорьева.



Puc. 81. Обложка книги «The Invisible Rainbow: A History of Electricity and Life» by Arthur Firstenberg (2016, Hardcover).

В 2016 году в США Артуром Фирстенбергом (Arthur Firstenberg) Robert была издана книга об истории открыэлектричества ТИЯ сопутствующего И использования го открытия в процессе развития цивилизации на Земле (рис. 81). Автор начинает свое повествование с 1746 года и завершил современным периодом. Целый абзац в книге посвящен Ю.Г. Григорьеву с достаточно подробным анализом его деятельности (рис. 82). Юрий Григорьевич не был знаком с автором до выхода книги в свет. Конечно, это значимое событие, когда независимый американский ученый-эксперт дал такую высокую оценку Российскому специалисту, признав его заслуги в оценке опасности ЭМП для населения.

Международное признание

В 1968 году профессор Ю.Г. Григорьев на Международном конгрессе в Японии был избран председателем рабочей группы 5 (РГ5) КОСПАР. Все медико-биологические исследования, связанные с освоением космоса, которые проводились в различных странах мира, имели прямое отношение к этой рабочей группе КОСПАР. Естественно, для Ю.Г. Григорьева открылись совершенно новые возможности иметь личные контакты с ведущими специалистами мира в области, прежде всего, космической физиологии и радиобиологии, достаточно оперативно получать информацию о последних достижениях в этой области и использовать эту информацию при планировании соответствующих отечественных исследований в ИМБП.

По предложению ученых из США Ю.Г. Григорьев в течение месяца имел возможность ознакомиться с работами на ускорители в Беркли (Калифорния, США). По просьбе К. Тобаиса, в лаборатории Лоренса Ю.Г. Григорьев сделал доклад по итогам «Хронического эксперимента».

Ю. Григорьевым и К. Тобаисом (США) был сделан совместный доклад в 1972 году на международной Конференции COSPAR о проблеме радиационной защиты космонавтов, который был опубликован в том же году.

По инициативе NASA профессор Ю.Г. Григорьев был приглашен в Хьюстон, где был детально ознакомлен с

научно-исследовательскими работами американских коллег по проблеме радиационной безопасности космических пилотируемых полетов (рис. 83).



Рис. 83. Ч. Бери (руководитель медико-биологического направления обеспечения пилотируемых полетов, NASA USA) и Ю.Г. Григорьев (Хьюстон, США, 1971 г.).

В 1991 году была создана группа экспертов IEC для разработки руководства по дозиметрии ЭМП различных частот. В состав Комиссии входили специалисты из различных стран: Великобритании, Франции, Германии, Нидерландов, Финляндии, Японии и России (рис. 84). В течение семи лет Ю.Г. Григорьев активно участвовал в работе этой Международной комиссии (IEC). За шесть лет членами Комиссии было подготовлено Руководство от общей концепции и до электронной версии.

В 1996 году руководитель Консультативного Комитета ВОЗ по Международной программе «ЭМП и здоровье человека» Mike Repacholi пригласил меня участвовать в работе этого Комитета. Это позволило мне резко расширить контакты с зарубежными учеными, работающи-



Рис. 84. Очередное заседание рабочей группы IEC (Амстердам, 2000 г.).

ми по проблеме электромагнитной безопасности населения, посетить ряд научных центров и информировать научную общественность о точке зрения российских ученых на методологию нормирования электромагнитных полей радиочастотного диапазона.

Вскоре Репачоли прислал мне письмо с просьбой организовать в России первую Международную конференцию по проблеме нормирования ЭМП РЧ. Я вошел в состав Организационного комитета первой Международной конференции в России «Проблемы электромагнитной безопасности человека». Совместно с Институтом медицины труда РАМН в 1996 году с успехом прошла эта конференция. В работе конференции приняли участие более 200 ученых из многих стран (рис. 85).

В 1998 году в рамках Международной программы ВОЗ «Электромагнитные поля и здоровье», в Москве было успешно проведено международное совещание «Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиениче-

ское нормирование». Возглавлял Оргкомитет профессор Ю.Г. Григорьев.



Рис. 85. Прием М. Репачоли в Институте биофизики. В.С. Степанов, О.А. Григорьев, М. Репачоли, Ю.Г. Григорьев.

При непосредственном участии ВОЗ и под руководством Юрия Григорьевича в Москве были проведены еще две международные конференции по проблеме гармонизации стандартов электромагнитной безопасности и их научному обоснованию (в 1999 и 2002 гг.). Учитывая ситуацию массового вовлечения населения в контакт с источниками ЭМП, вызванную развитием сотовой связи, в 2004 году непосредственно под курированием Ю.Г. Григорьева в Москве прошла специальная международная конференция с выездным совещанием в Санкт-Петербург. Был обсужден ряд важных и принципиальных вопросов, связанных с оценкой электромагнитной безопасности населения.

Особое место в зарубежных контактах профессора Ю.Г. Григорьева занимает радиобиологическая база ВВС США (AIR RESEARCH LABORATORY), Texac, Caн-

Антонио. Заведовал этой базой Майк Мёрфи (Michael Murphy). Он пригласил Ю.Г. Григорьева к себе на военную научную базу с докладом о роли модуляции в развитии биологического эффекта при воздействии ЭМП (рис. 86, 87). Далее, еще дважды вместе с В.С. Степановым Юрий Григорьевич посетили эту базу, участвуя в тех или иных совещаниях НАТО. Конечно, эти контакты были значимы для понимания позиций зарубежных ученых на проблему нормирования ЭМП и ИЗ.



Рис. 86. Ю.Г. Григорьев, В.С. Степанов и М. Мёрфи в его офисе на военной базе в Бруксе, 2000 г.



Рис. 87. Памятная медаль базы ВВС США в Бруксе.

Майк Мёрфи приезжал на все международные конференции, ко-торые мы проводили в Москве. Он стремился ознакомиться с результатами, которые легли в основу отечественных нормативных документов. Он подготовил даже свой персональный значок с русской надписью с просьбой показать ему реальные результаты, положенные в основу стандартов России (рис. 88).



Рис. 88. Персональный значок Майка Мёрфи, который он носил на одежде с откровенным желанием получить научную информацию.

Заслуживает особого освещения достаточно длительный период

активного общения Ю.Г. Григорьева с группой зарубежных ученых и просто активных лиц — волонтеров, которые боролись за признание возможной опасности ЭМП сотовой связи для здоровья населения. При этом зарубежные специалисты высоко оценивали позицию Российских ученых и, в частности, Российского Комитета по защите от неионизирующего излучения и непосредственно точку Ю.Г. Григорьева.

Фактически первая деловая встреча с этими учеными – Cindy Sage (США), Carl Blackman (США) и Gerd Oberfeld (Австрия) произошла у Юрия Григорьевича в 2000 году в Зальцбурге на Международном конгрессе. Далее, велась очень активная, напряженная и практически ежедневная совместная работа со многими зарубежными коллегами по отстаиванию точки зрения, что ЭМП сотовой связи могут нанести вред здоровью населения, отвергая, прежде всего, мнение промышленности, что сотовая связь безопасна для здоровья населения.

Безусловно, бескомпромиссную борьбу за необходимость защиты всех групп населения, включая детей и больных, возглавляют на протяжении более 15 лет две

женщины, которые стоят во главе двух различных научных объединений, в которые входит большое число ведущих профильных ученых мира. Это Cindy Sage (США) и Eileen O'Connor (UK). Cindy Sage создала свое научное объединение «Sage Associates», а Eileen O'Connor является директором созданного ею научного общества «ЕМ Radiation Research Trust». Эти две женщины пользуются большим уважением среди коллег и обладают безграничной энергией (рис. 89). В настоящее время они оказывают большое содействие в доведении до сознания населения Мира, что ЭМП сотовой связи могут повлиять на здоровье населения.



Рис. 89. Eileen O'Connor, Ю.Г. Григорьев и Cindy Sage на приеме в Парламенте Великобритании (Вестминстерское аббатство, Лондон, 2008).

Cindy Sage объединила вокруг себя большую группу ученных единомышленников, ими была оформлена в виде активного научного неформального единения научная структура «BioInitiative Working Group». Ученые этой группы организовывали научные форумы, на которых представляли результаты, доказывающие биологическую активность низких уровней ЭМП РЧ и возможность неблагоприятного влияния ЭМП сотовой связи на здоровье населения. Этой группой ученых были обобщены многолетние исследования по этой проблеме и в 2007 году вышло в свет соответствующее трехтомное издание. Ю.Г. Григорьев, будучи в составе этой рабочей группы, принял участие в переиздании этого труда, в котором была опубликована и его глава: Grigoriev Yu. Immune System and EMF RF. BioInitiative, Section 8, Report Issues New Warnings on Wireless and EMF.

В 2012 году по личному приглашению Ю.Г. Григорьева Eileen O'Connor посетила Москву. Это поездка была плодотворной в рабочем плане – были согласованы перспективные научные программы. Как отчет о поездке ею был опубликован пресс-релиз об общении с ученым (рис. 90), который был разослан во многие страны мира.



Рис. 90. Пресс-релиз.

По просьбе популярного журнала США "ENDEAVOUR" в 1982 году была опубликована статья Ю.Г. Григорьева по итогам проведенным исследования в космосе в СССР (рис.91).



Puc. 91. Статья в журнале «ENDEAVOUR», new series vol. 6 NO. 2, 1982, p. 147.

В биллютене США «Электромагнитные новости» от 31.07.2017 была опубликована рецензия на написанную Григорьевым главу в книге «Dosimetry in Bioelectromagnetics»³⁷:

«Патриарх мировой радиобиологии профессор Юрий Григорьев: «Я обращаюсь к коллегам: не грешите против истины!»

В издательстве CRC Press, вышла книга Dosimetry in Bioelectromagnetics (2017). Глава 15 посвящена вопросам методологии гигиенического нормиро-

вания электромагнитного поля, она подготовлена профессором Ю.Г. Григорьевым. По мнению Юрия Григорьева, национальные и международные нормативные ограничения на радиочастотное излучение от сотовых телефонов и сотовых вышек устарели. Кроме того, стандарты не адекватны для защиты здоровья человека, особенно детей и людей, которые являются сверхчувствительными к ЭМП.

Профессор Григорьев призывает исследовать биологические эффекты хронического воздействия низкоинтенсивной ЭМП радиочастот для разработки более обоснованных нормативов безопасности для ЭМП, прежде всего он имеет ввиду хроническое облучение головного мозга. Юрий Григорьевич считает, что пока не будут раз-

 $^{^{\}rm 37}$ Marcov M. Dosimetry in Bioelectromagnetics // CRC Press, 2017, 428 p.

работаны адекватные защитные правила, общественности должна предоставляться полная информация о возможных опасностях мобильной связи для здоровья.

Дискутируя со специалистами, настаивающими на оценке влияния ЭМП исключительно по тепловым эффектам, профессор Юрий Григорьев говорит: «Я обращаюсь к коллегам: не грешите против истины!»».

Признание на Родине

В СССР/России Юрий Григорьевич был признан ведущим специалистом по ионизирующей и неионизирующей радиобиологии, космической радиобиологии и экстремальной физиологии. В 1979 году было издано руководство по экологической физиологии человека³⁸, в которой раздел по экстремальной физиологии был подготовлен профессором Ю.Г. Григорьевым (рис. 92). К 60-летию дирекцией ИБФ был подарен дружеский шарж, как признание Григорьева ведущим специалистов по радиобиологии и физиологии (рис. 93).

В 1962 году был учрежден Научный совет по проблемам радиобиологии АН СССР в целях координации фундаментальных исследований, направленных на решение практических задач. Первым председателем Научного Совета был А.В. Лебединский, а с 1964 года Советом руководил член-корр. АН СССР А.М. Кузин. Создание и деятельность Научного Совета сыграли большую роль в развитии отечественной радиобиологии и объединении

 $^{^{38}}$ Экологическая физиология человека [Текст]: [1] / [А.Г. Кузнецов, Б.М. Савин, З.К. Сулимо-Самуйлло и др. ; Редкол.: О.Г. Газенко (отв. ред.) и др.]. - Москва: Наука, 1979. - 704 с. : ил.; 22 см. - (Руководство по физиологии / АН СССР, Науч. совет по комплекс. пробл. физиологии человека и животных). Ч. 1 [Текст]: Адаптация человека к экстремальным условиям среды. - 1979. - 704 с.: ил.





Рис. 92. Титульный лист руководства по экологической физиологии человека.

Рис. 93. Дружеский шарж от дирекции ИБФ.

сил, так как к участию в нем были привлечены ведущие радиобиологи страны, работающие не только в системе АН СССР, но и из других ведомств.

Юрий Григорьевич был включен уже в первый состав этого Научного совета АН СССР и уже на протяжении 57 лет постоянно активно участвует в его работе, являясь в настоящее время первым заместителем председателя научного совета.

В течение 40 лет Ю.Г. Григорьев является членом редколлегии журнала РАН «Радиационная биология. Радиоэкология», член Российской научной комиссии по защите от ионизирующей радиации. Член Секции по космической биологии и медицине Совета РАН по космосу.

Юрий Григорьевич Григорьев был инициатором и организатором Российского национального Комитета по

защите от неионизирующих излучений (РНКЗНИ). Комитет был образован в 1997 году. Основными целями Комитета являются разработка концепции по обеспечению комплексного решения проблемы защиты населения от неионизирующих излучений и биосистем окружающей среды. Юрий Григорьевич в течение 20 лет был председателем этого Совета.

Сегодня в Российский национальный комитет по защите от неионизирующих излучений входит более 30 ученых, представляющих все ведущие отечественные научные центры, работающие в области радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений. Безусловная заслуга РНКЗНИ в том, что он первый реализовал на практике предупредительный принцип ВОЗ, предложив еще в 2001 году регламентацию при использовании сотовой связи и ограничения для групп населения, а также рекомендовал запрет для детей, реализованный впоследствии в нормативных документах Минздрава (рис. 94, 95).



Рис. 94. Обсуждение повестки дня очередного заседания РНКЗНИ. Слева направо: С.Н. Лукьянова, В.В. Шиходыров, Ю.А. Холодов, Ю.П. Пальцев, В.Г. Зуев, Б.И. Давыдов, Ю.Г. Григорьев.

В последние годы Комитет продолжает осуществлять координацию научной деятельности в нашей стране, а также с ВОЗ; ведет большую экспертную координационную И работу, а главное дает возможность коллегам регулярно общаться, в том числе и в неформальной обстановке и обсуждать научные и наиболее острые проблемы. В 2014 году по представлению Григорьева на пост председа-

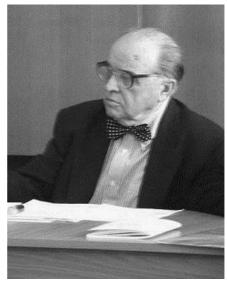


Рис. 95. Председатель РНКЗНИ, профессор Ю.Г. Григорьев обдумывает решение (2004 г.).

теля РНКЗНИ был избран его ученик – О.А. Григорьев, а Юрий Григорьевич стал символическим почетным президентом Комитета.

Юрий Григорьевич был председателем секции по радиобиологии Технического комитета по электромагнитной совместимости при Госстандарте.

С 1993 года Ю.Г. Григорьев является членом Межведомственного научного совета по проблемам электромагнитной совместимости при Министерстве науки СССР.

Также Юрий Григорьевич Григорьев является членом бюро научного совета по проблемам радиобиологии РАН, членом Российской Научной Комиссии по защите от ионизирующей радиации, постоянным членом Консультативного Комитета ВОЗ по Международной программе «Электромагнитные поля и здоровье человека».

Юрий Григорьевич – автор более 400 научных работ и 23 монографий, четырех СанПиНов: по электро-

магнитной безопасности для населения (ВСН №2963-84) и по радиационной безопасности космических полетов (ВНРБ-75, СанПиН 2.6.1.44-03-1004), по гипогеомагнитной среде (Сан ПиН 2.1.8./2.2.4. 2489, 2009).

Успехи Ю.Г. Григорьева принадлежат, прежде всего, коллективу, который работал с ним. Отдел по космической радиобиологии, руководимый Ю.Г. Григорьевым, состоял из 7 лабораторий, включающих более 200 сотрудников. По радиобиологии неионизирующих излучений в работе принимало участие 9 лабораторий — около 300 сотрудников.

За научные достижения Ю.Г. Григорьеву присуждена Государственная премия СССР (рис. 96). Он награжден орденами Ленина, Трудового Красного Знамени и орденом «Знак Почета», Грамотой Президиума Верховного совета РСФСР, юбилейной медалью имени Ю.А. Гагарина, нагрудным знаком «За участие в ликвидации аварии», памятным знаком «110 лет со дня рождения А.И. Бурназяна», нагрудным знаком «Академик И.В. Курчатов», знаком



Рис. 96. Диплом о присуждении Государственной премии СССР Ю.Г. Григорьеву.

«Трудовая доблесть», знаком ФМБА «60 лет работы по тематике ФМБА России», «ЗОЛОТЫМ КРЕСТОМ» ФМБА России.

Многогранная деятельность Ю.Г. Григорьева, в которой воплотились дар исследователя, талант организатора, опыт педагога и учителя, реализм практика и оптимизм ученого, его склонность к обобщению, научная интуиция, целеустремленность в сочетании с доброжелательным отношением к своим коллегам, – достойный пример для молодого поколения.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Ю.Г. Григорьев – участник Великой Отечественной войны, имеет боевые награды: Орден отечественной войны II степени, две медали «За боевые заслуги» медаль «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.», две медали «За освобождение Белоруссии от немецко-фашистских захватчиков» и «За освобождение Минска от немецко-фашистских захватчиков».

Фото из личного архива Ю.Г. Григорьева:



Рис. 97. Курсант Киев- Рис. 98. сого военного училища, На фронте, 1943 г. ноябрь 1942 года.





Puc. 99. B BMA им. С.М. Кирова, IV курс.



Рис. 100. Офицер Центрального научно исследовательского института МО, 1953 г.

H. K. O. асковая часть ATPOR RABBOY

B. EMETHOE VIOCTOBE ETHE JUNHOCTA THIEL CHATO COCTABA.

отерия состоит в резерве вадицинского состава честа новени почта 15018.

Прециявитель сего ГлиГОльЕВ Юрий Грирорьевич - .

Звания - младами из Итанант мадицинской службы присвозно примаз ом Начальника Тыпа Къасной АДии за № СССБ от 30.10.43 г. Личнов оружив системы "Бретнинг" 3 279864.

Личнал подпись владельна Долов.

Удостованана действительно до 20 мая 1944 года.



Рис. 101. Фронтовое удостоверение.

Выписка из НАГРАДНОГО ЛИСТА от 19 июня 1944 года:

«Тов. Григорьев Юрий Григорьевич во время своей службы и должности военфелдшера в 367 передвижной ремонтной базе неоднкратно выезжал с технической летучкой на линию фронта и каждый раз рискуя жизнью оказывал медицинскую помощь раненным и больным».

«За образцовое выполнение офицерсгого долга перед Родиной, ходатайствую о награждении т. Григорьева медалью «ЗА ОТВАГУ».

В заключении этой книги я хочу поблагодарить Юрия Григорьевича за предоставленные мне материалы для анализа и обобщения.

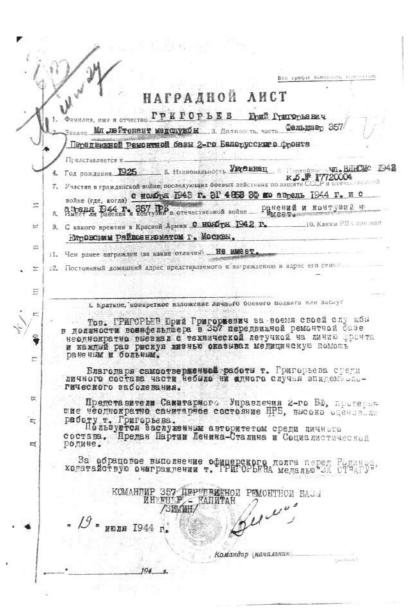


Рис. 102. Копия наградного листа из архива МО РФ.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приоритетные публикации 1954-2019 гг.

- 1. Опыт лечения полицитемии радиоактивным фосфором // Вестник рентгенологии и радиобиологии. 1954. № 2. С. 56—63.
- К вопросу о первичных изменениях функционального состояния коры больших полушарий человека при лучевом воздействии. Сообщение I // Вестник рентгенологии и радиобиологии. 1954. № 5. С. 3–10.
- Данные электрофизиологических исследований при локальном облучении головного мозга человека // Бюллетень радиационной медицины. – 1956. – № 2. – С. 11–24.
- Электрофизиологические исследования коры головного мозга человека при лучевом воздействии // Бюллетень радиационной медицины. 1956. № 2. С. 3–12.
- 5. Действие ионизирующей радиации в больших дозах на головной мозг по данным электроэнцефалографических исследований // Бюллетень радиационной медицины. 1957. № 4. С. 95–100. (Соавтор Цыпин А.Б.).
- 6. Материалы к изучению реакций нервной системы человека на проникающее излучение : монография. М. : Медгиз, 1958. 136 с.
- 7. О биологическом действии ионизирующего излучения в малых дозах // Атомная энергия. 1958. T. 5, вып. 3. C. 310–320.
- Труды II Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. – Женева, 1958. – М., 1959. (Соавторы Лебединский А.В., Демирчоглян Г.Г.).

- 9. Количественная характеристика чувствительности ЦНС к ионизирующему излучению // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1960. № 1. С. 26—30. (Соавтор Цыпин А.Б.).
- 10. Реакция организма, наблюдаемая в ходе общего массивного гамма-облучения в дозе 30000 р (комплексное клинико-физиологическое, патоморфологическое исследование) // Бюллетень радиационной медицины. − 1960. № 2. С. 14–24. (Соавторы Цыпин А.Б., Бибикова А.Ф. и др.).
- 11. Новая установка для адекватного раздражения вестибулярного анализатора с использованием широкого диапазона угловых ускорений и сил Кориолиса // Сборник рефератов по радиационной медицине. М.: Медгиз, 1962. Т.V. —С. 217—218. (Соавторы Бохов Б.Б., Фарбер Ю.В.).
- 12. Реакции организма, возникающие во время массивного гамма-облучения // Патофизиология и экспериментальная терапия. 1962. Вып. 4. С. 57—62. (Соавторы Бибикова А.Ф., Бусыгин В.Е. и др.).
- 13. Лучевые поражения и компенсация нарушенных функций: монография. –М.: Атомиздат, 1963. 201 с.
- 14. Некоторые физиологические аспекты системы отбора и контроля за тренировкой космонавтов (на основе функционального состояния вестибулярного анализатора) // Авиац. и космическая медицина. М., 1963. С. 17.
- 15. Длительное воздействие малых величин ускорений Кориолиса на организм человека // Авиац. и космическая. медицина, 1963, М., 1963. С. 339.
- 16. Особенности биологического действия и ОБЭ протонов больших энергий. // Biol. effects of neutron and proton. Vienna, 1964. Р. 223–230. (Соавторы Даренская Н.Г., Домшлак М.П. и др.).
- 17. К методике изолированного разрушения отолитового аппарата с помощью ионизирующего излучения.

- Сообщение I. Фиксация аппликаторов в преддверии внутреннего уха // Бюллютень экспериментальной биологии и медицины. 1964. Вып. 11. С. 98—105. (Соавтор Малинин А.Б.).
- 18. К методике изолированного разрушения отолитового аппарата с помощью ионизирующего излучения. Сообщение ІІ. Введение в перилимфатическое пространство преддверия сферического радиоактивного источника // Бюллютень экспериментальной биологии и медицины. 1964. Вып. 11. С. 122—125. (Соавтор Малинин А.Б.).
- 19. Критерии радиационной безопасности длительных космических полетов: Репринт // 2-й Международный симпозиум по основным проблемам жизни человека в космическом пространстве. Париж, 1965. № 19. (Соавторы Ковалев Е.Е., Лебединский А.В. и др.).
- 20. Функциональное состояние вестибулярного анализатора человека при 120-суточном пребывании в герметическом замкнутом помещении // БЭБ. М., 1965. С. 3–5. (Соавтор Фарбер Ю.В.).
- 21. Проблемы обоснования допустимых доз ионизирующей радиации для членов экипажей космических кораблей: Репринт // Труды XVI Международного конгресса по астронавтике. Афины, 1965. 13 с. (Соавторы Гуськова А.К., Домшлак М.П. и др.).
- 22. Соматические эффекты хронического гаммаоблучения: монография. М.: Энергоатомиздат, 1986. (Соавторы Попов В.И., Шафиркин А.В., Антипенко Д.Б.).
- 23. Биологическое действие протонов высоких энергий (к оценке радиационной опасности космических полетов): монография / под ред. Ю.Г. Григорьева. М.: Атомиздат, 1967. 506 с.
- 24. БЭ протонов с энергией выше 126 Мэв // Br. J. Radiol. 1969. № 42. 475 с.

- 25. Вестибулярные реакции (методы исследования и влияние различных факторов внешней среды): монография. М.: Медицина, 1970. 195 с. (Соавторы Фарбер Ю.В., Волохова Н.А.).
- 26. Физические и радиобиологические исследования на искусственных спутниках Земли : монография / ред. Ю.Г. Григорьев, Е.Е. Ковалев. М. : Атомэнерго-издат, 1971. 199 с.
- 27. Обеспечение радиационной безопасности полета экипажа космического корабля «Союз-9» // Космическая биология и медицина. 1971. N = 4. C. 29-33. (Соавторы Воробьев Е.И., Гецелев И.В. и др.).
- 28. Условия и основные результаты радиобиологических исследований на ИСЗ «Космос-368» // Космическая биология и медицина. 1971. № 6. С. 3–7. (Соавторы Беневаленский В.Н., Дружинин Ю.П.)
- 29. Цитогенетическое действие ускоренных ионов углерода и бора на клетки эпителия роговицы мышей // Радибиология. 1971. Вып. 6. С. 835—839. (Соавторы Рыжов Н.И., Воронцова С.В.).
- 30. Действие тяжелых ионов на биологические объекты : монография. М., 1990. (Соавторы Невзгодина Л.В., Маренин А.М.).
- 31. Биологическое действие ионизирующей радиации в условиях высокогорья // Клинические проблемы высокогорья. 1974. С. 149—151. (Соавторы Данияров С.Б., Миррахимов М.М. и др.).
- 32. Ионизирующие излучения // Основы косм. биол. и мед.: монография. М.: Наука, 1975. Т. 2, кн. 2. С. 78–136. (Соавтор К. Тобайс).
- 33. Радиационная безопасность космических полетов : монография. М. : Атомиздат, 1975. 254 с.
- 34. Биоспутник «Космос-690» // I nt. Bull. Cospar. 1975. № 74. С. 30–33. (Соавтор Дружинин Ю.П. и др.).

- 35. Радиационная безопасность экипажей кораблей «Союз№ // Космические полеты на кораблях «Союз». М., 1976. С. 89–116. (Соавторы Ковалев Е.Е., Петров В.Н. и др.)
- 36. Основные итоги полетного радиобиологического эксперимента на крысах на ИСЗ «Космос-690» // Экспериментальные исследования по космической биофизике. Пущино, 1976. С. 83–98.
- 37. Предварительные результаты эксперимента «Биоблок» при полете «Космоса-782»: действие космических лучей на яйца креветок и семена табака // Life science and Space Res. 1977. V. XV. C. 165—168.
- 38. Радиобиологические эксперименты на борту биоспутника «Космос-690» // Aviat. Space and Environm. Med. 1978. V. 49, № 1. Р. 42–46. (Соавторы Газенко О.Г., Адамович В.А. и др.).
- 39. Радиобиологические исследования в космическом полете на «Космосе-782» Эксперимент «Биоблок СФ-1») // Cospar Life Science and Space Research. 1978. V. XVI. P.137-142. (Соавторы Planel H., Delpoux М. и др.)
- 40. Космическая радиобиология : монография. М.: Энергоиздат, 1982. 174 с.
- 41. Соматические эффекты хронического гаммаоблучения : монография. М. : Энергоатомиздат, 1986. 195 с. (Соавторы Попов В.И., Шафиркин А.В., Антипенко Д.Б.).
- 42. Радиационная безопасность на атомных электростанциях // Радиобиология. —1987. Вып. 2. С. 147—153.
- 43. Радиационная биология: монография / ред. Ю.Г.Григорьев. М.: ВИНИТИ, 1988. 120 с.
- Памятка населению по радиационной опасности. М.: Энергоатомиздат, 1990.
- 45. Реакция организма в ослабленном магнитном поле (эффект магнитной депривации) // Радиационная

- биология. Радиоэкология. 1995. Т. 35, вып. 1. С. 3–88.
- 46. Ослабленное геомагнитное поле как фактор риска при работе в экранированных сооружениях // Медицина труда и пром. Экология. 1995. № 4. С. 7–12. (Соавтор Нефедов А.Ю.)
- 47. Влияние электромагнитного излучения различных режимов на сердечную деятельность (в эксперименте) // Радиационная биология. Радиоэкология. 1996. Т. 36, вып. 5. С. 691–699.
- 48. Mobile phones and children: is precaution warranted? // Bioelectromagnetics. 2004. № 25(5). C. 322–323.
- 49. Mobile radio communication on base stations and safety of the population: general situation in Russia. WHO workshop on base stations and wireless networks. Geneva, 2005. С. 9–11. (Соавторы Григорьев О.А., Меркулов А.В.).
- 50. Электромагнитные поля сотовых телефонов и здоровье детей и подростков (Ситуация, требующая принятия неотложных мер) // Радиационная биология. Радиоэкология. 2005. Т. 45, № 4. С. 442–450.
- 51. Межпланетные и орбитальные космические полеты. Радиационный риск для космонавтов (радиобиологическое обоснование): монография. М.: Экономика, 2009. 636 с. (Соавтор Шафиркин А.В.).
- 52. Электромагнитные поля нетеплового уровня и оценка возможности развития судорожного синдрома // Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. № 5. С. 552—559. (Соавтор А. В. Сидоренко).
- 53. Nonthermal Electromagnetic Fields and Estimation of the Probable Development of the Convulsive Syndrome // Biophysics. 2011. Vol. 56, № 2. P. 351–357.
- 54. Радиационная медицина: руководство для врачейисследователей и организаторов здравоохранения: в 4 т. Т. 4: Гигиенические проблемы неионизирую-

- щих излучений (биологическое действие, принципы защиты и гигиеническая регламентация). М.: ИздАТ, 1999.
- 55. Aconfirmation studies of soviet research on immunological effects of microwaves: Russian immunology results // Bioelectromagnetics. 2010. Vol. 31, № 8. P. 589–602.
- 56. Mobile communications and health of population: the risk assessment, social and ethical problems. Environmentalist. 2012. V. 32, № 2. P. 193–200.
- 57. Six first weeks after Chernobyl nuclear accident (memoirs of an eyewitness) // Environmentalist. 2012. V. 32, № 2. P. 131–135.
- 58. Four indisputable postulate / truth to the risk assessment of mobile communications for public health (our opinion). EMF Workshops on risk communication. Brussels: SANCO, 2013. P. 6—7.
- 59. Сотовая связь и здоровье : монография. М. : Экономика, 2013. 566 с. (Соавтор Григорьев О.А.).
- 60. Мобильная связь и здоровье детей: монография. М.: Экономика, 2014. 230 с. (Соавтор Хорсева Н.И.).
- 61. Methodology of Standards development for EMF RF in Russia and by International Commissions in Approaches // Dosimetry in Bioeletromagnetics. CRC Press. 2017. P. 315–338.
- 62. Мобильная связь и электромагнитный хаос в оценке опасности для здоровья населения. Кто несет ответственность? // Радиационная биология. Радиоэкология. 2018. Т. 58, № 6. С. 633–645.
- 63. Radiobiological arguments for assessing the electromagnetic hazard to public health for the period of the beginning of the 21st century (the opinion of the Russian scientist) // Mobil Communications and Public Health. CRC Press. 2019. P. 223–236.

64. A longitudinal study of psychophysiological indicators of pupils – user mobile communication in Russia (2006–2017) Children are at the group of risk // Mobil Communications and Public Health. CRC Press. – 2019. – P. 237 – 248

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Научное издание

А.С. САМОЙЛОВ

ГРИГОРЬЕВ ЮРИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ:

ПРЕДАННОСТЬ НАУКЕ И ТАЛАНТ РУКОВОДИТЕЛЯ 70 лет НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

Подписано в печать 05.08.2019. Формат 60х90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура TimesNewRoman. Объем – 12,5 п.л. Заказ № Ж500. Тираж 500 экз.

Отпечатано в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России 123182 г. Москва, ул. Живописная, д. 46 тел.: 8 (499) 190-94-09, 190-93-90 tatipif@mail.ru, lochin59@mail.ru www.fmbafmbc.ru

ISBN 978-5-905926-77-8