

Check Add ✓ Glaser

УДК 612.014.481+612.223.11.08

Действительный член АМН СССР генерал-майор медицинской службы  
профессор И. Р. ПЕТРОВ, Н. Я. ЯРОХНО

## О комбинированном влиянии на организм животных СВЧ электромагнитных волн и дыхания газовой смесью с пониженным содержанием кислорода

Комбинированные влияния СВЧ излучения и низкого содержания кислорода имеют место при работе на радиолокационных станциях, расположенных в горах.

Задачей настоящего экспериментального исследования явилось сравнительное изучение комбинированного влияния на организм СВЧ излучений и дыхания газовой смесью с содержанием кислорода, соответствующим содержанию его на высотах 5 км (11,2%) и 7 км (8,5%).

Всего проведено четыре серии опытов на кроликах. В первой поставлено три группы опытов на 15 кроликах: с СВЧ облучением ( $\lambda = 12,6$  см, ППМ = 10 мвт/см<sup>2</sup>); с дыханием газовой смесью, содержащей 11,2% кислорода и 88,8% азота; с одновременным воздействием СВЧ облучения и дыхания газовой смесью с 11,2% кислорода.

Во второй серии поставлено две группы опытов на 11 кроликах. В первой группе исследовалось влияние на организм дыхания газовой смесью с пониженным содержанием кислорода, соответствующим содержанию его на высоте 7 км (кислорода — 8,5%, азота — 91,5%), а во второй — изучалось влияние СВЧ излучения (10 мвт/см<sup>2</sup>) и дыхания газовой смесью с содержанием кислорода 8,5%. Результаты этих групп опытов сравнивались с результатами опытов первой группы первой серии, в которых изучалось действие только СВЧ излучения.

К третьей серии относятся две группы опытов на 5 кроликах: в первой группе 2 кролика подвергались облучению сверхвысокочастотными электромагнитными волнами ( $\lambda = 12,6$  см, ППМ = 30 мвт/см<sup>2</sup>), а во второй группе на 3 кроликах исследовалось комбинированное влияние СВЧ излучения (ППМ = 30 мвт/см<sup>2</sup>) и дыхания газовой смесью с содержанием кислорода 8,5%. Результаты опытов этих двух групп сравнивались с данными, полученными при исследовании влияния только дыхания газовой смесью с пониженным (8,5%) содержанием кислорода (первая группа опытов второй серии).

В указанных трех сериях каждый опыт продолжался 10 дней, при этом в соответствующих группах животные ежедневно в течение часа или только подвергались облучению, или только вдыхали газовую смесь с пониженным содержанием кислорода, или подвергались комбинированному влиянию этих факторов.

В четвертой серии опытов 3 кролика на протяжении 20 дней ежедневно по часу дышали газовой смесью с пониженным содержанием кислорода, после чего в течение 10 дней подвергались комбинированному воздействию дыхания воздуха с пониженным (11,2%) содержанием кислорода и СВЧ облучению ( $\lambda = 12,6$  см, ППМ = 10 мвт/см<sup>2</sup>). В

Таблица 1

Группа опытов	Количество кроликов	Артериальное давление в мм рт. ст.		Эритроциты в 1 мм <sup>3</sup>			Лейкоциты в 1 мм <sup>3</sup>		
		исходное	через 10 дней после начала опыта	исходное количество	через 10 дней после начала опыта	разница	исходное количество	через 10 дней после начала опыта	разница
Облучение в СВЧ поле (ППМ = 10 мвт/см <sup>2</sup> )	6	107	113	4 910 000	4 850 000	- 60 000	7610	7530	- 80
Дыхание газовой смесью (O <sub>2</sub> — 11,2%, N — 88,8%)	5	91	106	5 090 000	6 030 000	+940 000	7370	8020	+ 650
Дыхание газовой смесью и облучение в СВЧ поле	4	102	111	5 660 000	4 800 000	-860 000	7490	5910	-1580

этой серии к опытам приступали тогда, когда дыхание только одной газовой смесью не вызвало заметных изменений числа эритроцитов и артериального давления. Таких животных мы считали адаптированными к пониженному содержанию кислорода во вдыхаемом воздухе.

У всех животных ежедневно перед началом опытов и после них измерялось артериальное давление в сонной артерии, выведенной в кожный лоскут, определялось количество эритроцитов и лейкоцитов в 1 мм<sup>3</sup> крови, а в некоторых опытах — содержание сахара крови.

Результаты исследований первой серии приведены в табл. 1.

Из таблицы видно, что под влиянием СВЧ излучения у 6 кроликов средние величины артериального давления заметно не изменились, количество эритроцитов и лейкоцитов в 1 мм<sup>3</sup> также оставалось в пределах исходных величин, что соответствует и литературным данным.

Дыхание газовой смесью с пониженным содержанием кислорода у 5 кроликов вызвало повышение артериального давления в среднем на 15 мм рт. ст. У животных этой группы через 10 дней после начала опыта было отмечено увеличение количества эритроцитов на 940 000, количество лейкоцитов заметно не изменялось, что статистически достоверно ( $p < 0,05$ ).

Отмечаемое повышение содержания сахара крови (табл. 2) можно связать с усилением гликогенолитической функции печени. Согласно литературным данным одновременно с усилением гликолитической функции печени у животных, находящихся в условиях кислородной недостаточности, повышается усвоение тканями глюкозы, что связано с усилением обмена веществ, характерного для гипоксии (Г. Е. Владимиров, 1939).

Изменения количества эритроцитов, артериального давления и обмена веществ относятся к приспособительным реакциям, наблюдающимся при уменьшении напряжения кислорода во вдыхаемом воздухе.

При комбинированном влиянии СВЧ излучения (ППМ = 10 мвт/см<sup>2</sup>) и дыхания газовой смесью с пониженным (11,2%) содержанием кислорода артериальное давление у кроликов почти не изменялось, количество эритроцитов в среднем уменьшилось на 860 000, а количество лейкоцитов — на 1580 в 1 мм<sup>3</sup> крови, что статистически достоверно ( $p < 0,05$ ). Уменьшение количества эритроцитов и лейкоцитов свидетельствует о некотором подавлении приспособительной реакции, наблюдаемой при пониженном содержании кислорода во вдыхаемом воздухе, что при комбинированном влиянии СВЧ излучения и пониженного содержания кислорода объясняется действием на организм микроволн.

Как показали результаты опытов, дыхание газовой смесью с 8,5% кислорода у 3 кроликов вызвало повышение артериального давления на 15 мм рт. ст., а у 4 — понижение его в среднем на 20 мм рт. ст. (табл. 3).

Количество эритроцитов у 7 кроликов при указанных условиях опытов в среднем увеличилось на 960 000, а лейкоцитов — на 1000 в 1 мм<sup>3</sup> (данные статистически достоверны —  $p < 0,05$ ).

Под влиянием облучения СВЧ электромагнитными волнами, как указывалось выше, выраженных изменений артериального давления, ко-

Таблица 2

Группа опытов	Количество кроликов	Сахар крови в мг%		
		до воздействия	сразу после воздействия	через 30 минут после воздействия
Облучение в СВЧ поле (ППМ = 10 мвт/см <sup>2</sup> )	5	101	119 (+19%)	116 (+16%)
Дыхание газовой смесью с 11,2% кислорода и СВЧ облучение	4	74	94 (+27%)	93 (+27%)
Дыхание газовой смесью с 11,2% кислорода	5	76	102 (+34%)	99 (+30%)

личества эритроцитов и лейкоцитов не отмечалось (см. табл. 1 и 3). Комбинированное воздействие СВЧ излучения и дыхания газовой смесью с 8,5% O<sub>2</sub> через 10 дней после начала опыта почти не вызвало изменений артериального давления (см. табл. 3), а увеличение числа эритроцитов

Таблица 3

Группа опытов	Количество кроликов	Артериальное давление в мм рт. ст.		Эритроциты в 1 мм <sup>3</sup>			Лейкоциты в 1 мм <sup>3</sup>		
		исходное	через 10 дней после начала опыта	исходное количество	через 10 дней после начала опыта	разница	исходное количество	через 10 дней после начала опыта	разница
СВЧ облучение ППМ = 10 мвт/см <sup>2</sup> Дыхание газовой смесью (O <sub>2</sub> — 8,5%, N — 91,5%)	6	107	113	4 910 000	4 850 000	- 60 000	7610	7530	- 80
Дыхание газовой смесью и СВЧ облучение	3 4	99 115	114 95	5 330 000	6 290 000	+960 000	7800	8800	+1000
	2	111	120	4 950 000	5 690 000	+740 000	7300	8000	+ 700
	2	116	105						

и лейкоцитов было выражено почти так же, как и под влиянием газовой смеси с пониженным содержанием кислорода (8,5%). Статистическая достоверность разности  $p < 0,05$ . Таким образом, в этой серии опытов при комбинированном воздействии СВЧ излучения и дыхания газовой смесью с более низким содержанием кислорода (8,5%) по сравнению с первой серией опытов (O<sub>2</sub> — 11,2%) мы не отметили подавления приспособительной реакции, возникшей под влиянием дыхания газовой смеси с низким содержанием кислорода.

Таблица 4

Группа опытов	Количество кроликов	Артериальное давление в мм рт. ст.		Эритроциты в 1 мм <sup>3</sup>			Лейкоциты в 1 мм <sup>3</sup>		
		исходное	через 10 дней после начала опыта	исходное количество	через 10 дней после начала опыта	разница	исходное количество	через 10 дней после начала опыта	разница
СВЧ облучение (ППМ = 30 мвт/см <sup>2</sup> ) Дыхание газовой смесью (O <sub>2</sub> — 8,5%, N — 91,5%) и СВЧ облучение	2	120	134	4 910 000	4 850 000	- 160 000	7900	7650	- 250
	3	97	117	5 730 000	4 320 000	-1 410 000	8380	7050	-1330

В следующей серии опытов было испытано комбинированное влияние на кроликов большей мощности СВЧ излучения (30 мвт/см<sup>2</sup>) и дыхания газовой смесью, содержащей 8,5% кислорода. При сопоставлении результатов этой серии опытов с данными, полученными после воздействия только облучения кроликов в СВЧ поле с ППМ = 30 мвт/см<sup>2</sup> и

в опытах с дыханием газовой смесью с 8,5% O<sub>2</sub> обнаружена такая же закономерность, что и в опытах первой серии. Комбинированное влияние облучения в СВЧ поле с ППМ = 30 мвт/см<sup>2</sup> и дыхания газовой смесью с пониженным содержанием O<sub>2</sub> сопровождалось ограничением приспособительных реакций, возникающих при кислородной недостаточности.

Как видно из табл. 4, количество эритроцитов при комбинированном воздействии через 10 дней снизилось на 1 410 000, а количество лейкоцитов — на 1330 в 1 мм<sup>3</sup> крови (статистическая достоверность разницы  $p < 0,05$ ). Под влиянием дыхания газовой смесью с 8,5% кислорода количество эритроцитов через 10 дней увеличилось на 960 000, а лейкоцитов — на 1000 в 1 мм<sup>3</sup> крови. СВЧ излучение при ППМ = 30 мвт/см<sup>2</sup> не вызвало значительных изменений в количестве эритроцитов и лейкоцитов.

В небольшом числе опытов, поставленных на одном и том же животном, с комбинированным влиянием СВЧ излучения (ППМ = 30 мвт/см<sup>2</sup>) и пониженного содержания кислорода (8,5%) во вдыхаемом воздухе, отмечалось ограничение приспособительных реакций — уменьшение эритроцитов на 1 030 000, а при дыхании газовой смесью с пониженным содержанием кислорода (8,5%) — увеличение количества эритроцитов на 550 000 в 1 мм<sup>3</sup> крови.

Под влиянием облучения СВЧ электромагнитными волнами (ППМ = 30 мвт/см<sup>2</sup>) ректальная температура повышалась на 0,8°. Интересно, что в опытах с комбинированным влиянием СВЧ излучения (ППМ = 30 мвт/см<sup>2</sup>) и дыхания газовой смесью с 11,2% кислорода через 1 час ректальная температура при 1-м и 5-м сеансах у 2 кроликов из 3 также повышалась на 0,8°, а после 10-го сеанса — только на 0,4°.

Итак, при комбинированном воздействии СВЧ излучения и кислородной недостаточности происходит торможение развития приспособительных реакций, возникающих под влиянием воздействия на организм пониженного содержания кислорода во вдыхаемом воздухе.

В ранее выполненных работах (А. Г. Суббота и А. М. Гребешечникова, 1966) установлено, что СВЧ облучение вызывает нарушение адаптации кроликов к кислородной недостаточности, возникшей под влиянием повторных воздействий этого физического фактора.

Приведенные в статье результаты исследований в определенной мере указывают на то, что сотрудники, приступающие к работе на радиолокационных станциях, расположенных в горах, не должны сразу допускаться к работе, если они не адаптированы к высоте, так как под влиянием облучения СВЧ электромагнитными волнами у них может наступить ограничение адаптации к пониженному содержанию кислорода во вдыхаемом воздухе.

В связи с вышесказанным возникла необходимость проверить влияние СВЧ излучения на животных, адаптированных к недостатку кислорода. С этой целью была поставлена четвертая серия опытов по изучению комбинированного влияния СВЧ излучения и дыхания газовой смеси с пониженным содержанием кислорода на кроликах, предварительно подвергавшихся воздействию недостатка кислорода во вдыхаемом воздухе в течение 20 дней.

Как показали исследования, у кроликов, адаптированных к пониженному содержанию кислорода, комбинированное действие СВЧ излучения (10 мвт/см<sup>2</sup>) и дыхания газовой смесью с 11,2% кислорода не вызвало заметных изменений со стороны эритроцитов, лейкоцитов и артериального давления. Это свидетельствует о том, что приспособительные реакции организма к пониженному содержанию кислорода во вдыхаемом воздухе не подавлялись.

Сопоставление полученных нами результатов исследований с наблюдениями А. Г. Субботы и А. М. Гребешечниковой, в которых отмечалась дезадаптация к кислородной недостаточности под влиянием однократ-

не облучены нетермическими интенсивностями СВЧ электромагнитных волн, убеждает в том, что механизм адаптации к кислородной недостаточности более совершенен. Даже облучение сверхвысокочастотными электромагнитными волнами (ППМ = 10 мвт/см<sup>2</sup>) ежедневно по часу в комбинации с вдыханием газовой смеси с пониженным (11,2%) содержанием кислорода не вызвало образования приспособительных реакций у животных. Вероятно, указанные различия влияния СВЧ электромагнитных волн на организм, адаптированный к двум исследованным факторам, можно понять, если учесть, что кислородная недостаточность оказывает влияние на различные системы организма, стимулирует как общие неспецифические приспособительные реакции организма, так и такие важные специфические приспособительные реакции, как усиление функции сердечно-сосудистой системы, дыхания, крови (в частности, увеличение количества эритроцитов), обеспечивающие усиление снабжения кислородом тканей организма.

Следует отметить, что при комбинированном воздействии СВЧ излучений небольшой мощности (ППМ = 10 мвт/см<sup>2</sup>) и значительного понижения напряжения кислорода (11,2%) во вдыхаемой смеси уже после 10 ежедневных сеансов по часу не обнаруживалось проявления приспособительных реакций, наблюдаемых при влиянии недостатка кислорода. Следовательно, при таком комбинированном влиянии требуется действие на организм кислородной недостаточности, и СВЧ излучение с небольшой ППМ (10 мвт/см<sup>2</sup>) не может подавить приспособительных реакций, характерных для кислородной недостаточности.

Итак, результаты настоящего исследования позволяют в определенной степени прийти к выводу о том, что лица, прибывающие из местностей, расположенных на уровне моря для работы на радиолокационных станциях, находящихся в горах, должны спускаться к работе на них только после некоторого периода акклиматизации (примерно месяц на высоте до 5000 м). В период акклиматизации у них целесообразно изучать общее состояние здоровья, проводя исследование эритроцитов, гемоглобина крови и артериального давления.

#### ЛИТЕРАТУРА

Кислородное голодание и борьба с ним. Тр. ВМА им. С. М. Кирова, Л., 1939.  
Суббота А. Г., Гребешечникова А. М. «Медико-биологические проблемы СВЧ излучений». Монография под ред. И. Р. Петрова. Л., 1967 и др.

УДК 612.014.481+616.001.27:29.084

Полковник медицинской службы кандидат медицинских наук М. П. ТРОЯНСКИЙ,

кандидат медицинских наук Р. И. КРУГЛИКОВ,

подполковник медицинской службы Р. М. КОРНИЛОВ,

Л. Б. ПЕТРОВА-ГОЛУБЕНКО, З. С. КАЛАШНИКОВА

### Некоторые итоги изучения состояния здоровья специалистов, работающих с генераторами СВЧ

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных влиянию электромагнитных полей СВЧ на организм человека, эта проблема остается по-прежнему весьма актуальной. Дальнейшее изучение реакций организма человека на воздействие СВЧ является необходимой предпосылкой совершенствования системы защитно-профилактических

мероприятий, задача которой состоит в том, чтобы полностью исключить возможные отрицательные последствия контакта человека с этим видом излучений.

В настоящем сообщении приводятся основные результаты обследования состояния здоровья специалистов, работающих с генераторами СВЧ, а также результаты изучения непосредственного воздействия полей СВЧ на различные физиологические показатели у обследованных.

Клинико-физиологическому обследованию в условиях стационара была подвергнута группа специалистов, работающих с генераторами СВЧ в течение длительного времени. При изучении санитарно-гигиенических условий труда этих специалистов было установлено, что температура воздуха в помещениях колеблется в пределах 17,8—25,3° при относительной влажности 40—60% и скорости движения воздуха 0,5—1 м/сек. Уровень шума на рабочих местах некоторых специалистов достигал 65—75 дб, освещенность составляла, как правило, 50—100 лк. Вредные примеси в воздухе (окислы азота, СО и СО<sub>2</sub>) содержались в количествах, не превышавших предельно допустимые концентрации. Данные, полученные при обследовании этой группы специалистов (в дальнейшем она будет называться основной группой), сопоставлялись с результатами аналогичного обследования контрольной группы лиц, которые работали практически в тех же санитарно-гигиенических условиях, что и лица основной группы, но не подвергались воздействию СВЧ. В ходе обследования изучалось состояние нервной и сердечно-сосудистой систем, обмена веществ, системы крови, органа зрения.

Изучение состояния нервной системы лиц основной и контрольной групп проводилось в объеме, принятом в неврологической клинике, и включало в себя изучение черепно-мозговой иннервации, двигательной, чувствительной и рефлекторной сфер, вегетативной нервной системы и психического статуса. Наряду с этим у обследуемых изучалось состояние высшей нервной деятельности по методике двигательных условных рефлексов с речевым подкреплением и исследовалась биоэлектрическая активность головного мозга.

Лица основной группы чаще всего жаловались на головные боли, расстройство сна, общую слабость, повышенную утомляемость, снижение работоспособности, раздражительность, ослабление внимания и особенно памяти, боли в области сердца, сердцебиения, выпадение волос.

Как отмечало большинство обследованных, общее самочувствие ощутимо ухудшалось при включении генераторов. После полноценного отдыха самочувствие значительно улучшилось и работоспособность восстанавливалась. Как правило, первые болезненные нарушения проявлялись в течение ближайших 3—5 лет работы с генераторами СВЧ.

При объективном обследовании неврологическая симптоматика у лиц основной группы в количественном отношении несколько отличалась от симптоматики, выявляемой у лиц контрольной группы. Так, у лиц основной группы достоверно чаще, чем в контроле, наблюдались симметрическое оживление сухожильных рефлексов, симптом Хвостека, симптомы орального автоматизма. Указания на аналогичные симптомы имеются в работах Климковой-Дейчевой, Шерцла и других исследователей. У лиц основной группы значительно чаще, чем в контрольной, встречались акроцианоз, гипергидроз, тремор, нарушения капилляроскопической картины, ускоренное протекание пробы на гидрофильность тканей и ослабление кожно-сосудистой реакции на гистамин. Особый интерес представляет обнаруженное у лиц основной группы повышенное колебание величин артериального давления и частоты пульса. Средние значения и вариационные коэффициенты (V) величин артериального давления и частоты пульса у лиц основной и контрольной групп представлены в табл. 1.

Glasen

#1221

Russian

Petrov I.P.

"combined"

after high

Effect of frequency

in handling mixtures

oxygens

gaseous

high

content " on animals "

OK