

АКАДЕМИЯ МЕДИЦИНСКИХ НАУК СССР

Check Add Glaser

→ Tolgskaja, Mariia Sergeevna.

# 2285

М. С. Толгская, З. В. Гордон

Морфофизиологические  
изменения при действии  
электромагнитных волн  
радиочастот

(Экспериментальные исследования)

2  
All p. 66 ff!

This has been translated

QP341.T65

TOLGSKAJA, M.S.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «МЕДИЦИНА» МОСКВА - 1971

MORPHOPHYSIOLOGICAL CHANGES  
DURING THE ACTION OF RADIO-  
FREQUENCY ELECTROMAGNETIC  
WAVES (IN RUSSIAN).

meditsina Publishing House,  
moscow, 1971, 136 pages.

Check Add Glaser

АКАДЕМИЯ МЕДИЦИНСКИХ НАУК СССР

→ Toigskaiia, Maria Semiovna.

# 2285

М. С. Толгская, З. В. Гордон

Морфофизиологические  
изменения при действии  
электромагнитных волн  
радиочастот

(Экспериментальные исследования)

2  
see p. 66 ff!

This has been translated

QP341.T65

TOIGSKAIA, M.S.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «МЕДИЦИНА» МОСКВА — 1971

MORPHOPHYSIOLOGICAL CHANGES  
DURING THE ACTION OF RADIO-  
FREQUENCY ELECTROMAGNETIC  
WAVES (IN RUSSIAN).

meditsina Publishing House,  
moscow, 1971, 136 pages.

Морфологические изменения при многократном облучении миллиметровыми волнами малой интенсивности . . . . .	93
Морфологические изменения при многократном облучении дециметровыми волнами малой интенсивности . . . . .	96
Глава 2. Морфологические изменения у животных при многократном облучении УКВ малой интенсивности	102
Глава 3. Морфологические изменения у животных при многократном облучении КВ малой интенсивности	104
Глава 4. Морфологические изменения у животных при многократном облучении средними волнами малой интенсивности . . . . .	105
Глава 5. Сравнительная характеристика морфологических изменений при многократном действии различных диапазонов радиоволн (МКВ, УКВ, КВ и средние волны) малой интенсивности . . . . .	110
Заключение . . . . .	124
Литература . . . . .	129

Толгская Мария Сергеевна и Гордон Зинаида Васильевна  
 Морфофизиологические изменения при действии электромагнитных  
 волн радиочастот

Редактор *М. М. Авербах.*

Техн. редактор *И. С. Ким* и *И. А. Пошкрёбнева* Корректор *Е. А. Круглова*  
 Художественный редактор *А. Э. Казаченко* Переплет художника *С. С. Елинсон*

Сдано в набор 22/VII 1970 г. Подписано к печати 15/II 1971 г. Формат бумаги  
 84×108<sup>1/2</sup> печ. л. 4,25 (условных 7,14 п. л.) 7,14 уч.-изд. л. Бум. тип. № 1.  
 Тираж 2000 экз. Т 02925. Мил-71. Заказ № 0007. Цена 71 коп.

Издательство «Медицина». Москва, Петроверигский пер., 6/8.  
 Типография изд-ва «Горьковская правда», г. Горький, ул. Фигнер, 32.

M2518T

14JE71

ИЗДАНИЕ ОДОБРЕНО И РЕКОМЕНДОВАНО К ПЕЧАТИ  
РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКИМ СОВЕТОМ  
ПРИ ПРЕЗИДИУМЕ АМН СССР

РЕФЕРАТ

QR341  
Т65

В монографии представлены материалы морфологических и физиологических исследований в сравнительном аспекте для различных диапазонов радиочастот (СВЧ, УВЧ, ВЧ) при различных интенсивностях воздействия, в остром и хроническом эксперименте с изучением динамики развития обратимых и необратимых изменений. Особое внимание уделено действию малых интенсивностей облучения.

Если при действии больших интенсивностей все изменения связаны в основном с явлениями перегрева, то при длительном облучении малыми интенсивностями, несмотря на то что животное остается практически здоровым, в организме возникает ряд морфологических изменений (обратимых и необратимых).

Показаны начальные обратимые физиологические и морфологические изменения рецепторного аппарата коры мозга, спиналов, чувствительных (афферентных) нервов, рецепторных зон кожи и внутренних органов, нейросекреторная деятельность гипоталамической области, гистохимические и гистологические изменения кожи, нервной системы и внутренних органов.

Монография рассчитана на гигиенистов, профпатологов, морфологов и патофизиологов, изучающих воздействие физических факторов внешней среды.

## ANNOTATION

The monograph contains the data of the comparative morphological and physiological studies of the various radiofrequency ranges (microwaves, VHF, VF) at different intensities in the acute and chronic experiments and the results of the dynamics of the development of the reversible and unreversible changes. Particular attention has been given to the influence of the irradiation at small intensities.

The initial reversible physiological and morphological changes of cortex receptive apparatus, synapses, sensigerous nerves, zones of skin sense bodies and internal organs, neurosecretion of hypothalamic region, histochemical and histological changes of skin, the nervous system and the internal organs have been shown.

The monograph is intended for the hygienists, occupational pathologists, morphologists and pathophysiologicals, investigating the influence of the environmental physical factors.

5-3-1

73-70

## ВВЕДЕНИЕ

Обширная область спектра электромагнитных волн, как известно, включает электромагнитные волны или поля (ЭМВ, ЭМП) диапазона радиочастот: высокие (ВЧ), ультравысокие (УВЧ) и сверхвысокие (СВЧ).

Электромагнитное поле распространяется в виде электромагнитных волн (радиоволн). Волна формируется на расстоянии, большем ее длины ( $\lambda$ ) от источника, — в волновой зоне, где электрическая и магнитная составляющие ЭМП изменяются в фазе ( $\epsilon = 377\Omega$ ) и излучение энергии оценивается величиной плотности потока мощности (ППМ) в ваттах ( $\text{вт/см}^2$ ), милливаттах ( $\text{мвт/см}^2$ ) или микроваттах ( $\text{мквт/см}^2$ ). На расстоянии, меньшем длины от источника излучения, — в зоне индукции, электрическая и магнитная составляющие (Е и Н) изменяются не в фазе и излученная энергия оценивается раздельно по напряженности поля в вольтах на метр (в/м) и амперах на метр (а/м). Энергия быстро ослабляется по мере удаления от источника (обратно пропорционально квадрату или кубу расстояния).

Очевидно, работающие с источниками ВЧ и УВЧ будут преимущественно находиться в зоне индукции, и интенсивность облучения их может достигать (К. В. Никонова, 1963) тысяч вольт и десятков ампер на метр в диапазоне ВЧ и сотен вольт на метр в диапазоне УВЧ (П. П. Фукалова). Что касается диапазона СВЧ (микроволн — МКВ), то работающие с их источниками излучения находятся, как правило, в волновой зоне. Интенсивности облучения для них могут быть от нескольких микроватт до нескольких милливатт на  $1 \text{ см}^2$  (З. В. Гордон, 1958, 1966).

Наличие волновой зоны или зоны индукции в производственных и экспериментальных условиях определяет физические величины для оценки интенсивности облуче-

ния (плотность потока мощности — ППМ или напряженность поля — НЭМП), приборы для проведения измерения, методику постановки эксперимента (облучение дистанционное, в объемном резонаторе, индукторе, конденсаторе и т. д.).

Очевидно, физические параметры определяют и биологические эффекты, вызываемые разными диапазонами частот.

В последние десятилетия во многих отраслях промышленности широко применяются различные диапазоны электромагнитных волн радиочастот. Диапазон микроволн (МКВ) нашел широкое применение в области радиолокации, радионавигации, радиоастрономии, радиометеорологии, радиолинейной связи, ядерной физики и физиотерапии.

Диапазон КВ и УКВ применяется для физиотерапии, радиосвязи, радиовещания, телевидения, а также при термической обработке диэлектриков и сварке пластика. Длинные и средние волны (ДВ и СВ) применяются для термической обработки металлов в электровакуумной и машиностроительной промышленности.

Широкое использование во многих отраслях промышленности различных диапазонов электромагнитных волн радиочастот ставит задачу изучения их биологического действия на организм работающих с источниками излучения. Особый интерес представляет изучение действия малых интенсивностей различных диапазонов электромагнитных волн радиочастот, которые чаще встречаются в производственных условиях. Не меньший интерес представляет изучение динамики развития патологического процесса, возникающего в организме при длительном воздействии малых интенсивностей различных диапазонов, а также изучение вопросов патогенеза и механизма действия. Наконец, большое значение имеет установление предельно допустимых интенсивностей облучения для работающих в условиях воздействия ЭВМ радиочастот. Проводимые до последних лет исследования касались главным образом изучения больших интенсивностей, вызывающих резкое перегревание организма, и лишь за последнее время появились исследования, которые доказали, что длительное воздействие малых интенсивностей вызывает определенные функциональные и морфологические сдвиги в организме. Клиническими и физиологическими исследованиями показано, что электромаг-

нитные волны радиочастот малой интенсивности, воздействуя на организм человека, вызывают функциональные изменения нервной системы, особенно ее вегетативных отделов, изменения со стороны сердечно-сосудистой системы и нейро-гуморальные сдвиги. Эти изменения имеют определенную клиническую форму, которая в выраженной стадии заболевания характеризуется нарастающим астено-вегетативным синдромом, нейроциркуляторной дистонией с явлениями дисцефальной недостаточности (Э. А. Дрогичина, М. Н. Садчикова, 1968).

Экспериментальные исследования на животных (физиологические, биохимические, морфологические и др.) свидетельствуют о том, что у подопытных животных при облучении их электромагнитными волнами радиочастот возникают нарушения деятельности нервной и сердечно-сосудистой систем, обменных процессов, причем степень и характер биологических эффектов зависят от интенсивности, длительности воздействия и диапазона волн.

До настоящего времени в отечественной и зарубежной литературе не было монографических работ, обобщающих морфофизиологические данные экспериментальных исследований биологического эффекта, вызываемого различными диапазонами радиоволн разных интенсивностей.

В данной монографии представлены результаты обобщения литературных данных и материалы многолетних собственных морфофизиологических исследований, осуществленных при тесном содружестве лабораторий электромагнитных волн радиочастот и патоморфологической.

Задачей являлись выявление общих закономерностей возникновения морфологических изменений в различных органах и тканях у экспериментальных животных при воздействии радиоволн разных диапазонов, сопоставление их с функциональными сдвигами, определение характерных особенностей действия отдельных диапазонов, а также проведение сравнительной оценки степени выраженности и характера морфологических изменений при действии того или другого диапазона. Кроме изучения биологического действия больших интенсивностей различных диапазонов радиоволн, вызывающих перегревание организма, особое внимание уделялось действию малых интенсивностей различных диапазонов волн, не вызывающих теплового эффекта, потому что хроническое

воздействие подобных малых интенсивностей имеет большое значение для работающих в условиях воздействия ЭМВ радиочастот.

### СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Обращаясь к материалам в опубликованных работах, посвященных морфологическим изменениям, вызванным воздействием радиоволн, мы полагаем целесообразным рассмотреть доступные нам данные под углом зрения общих черт и особенностей биологических эффектов, присущих различным диапазонам волн. В этом плане мы выделим два направления: действие больших интенсивностей облучения и действие малых интенсивностей, вызывающих интегрального теплового эффекта.

Основное число работ посвящено морфологическим исследованиям органов и тканей животных, подвергавшихся действию коротких и особенно ультракоротких волн (КВ и УКВ-3—300 Мгц). Исследователи главным образом выясняли возможности применения этого фактора для физиотерапии как одного из способов глубокого прогревания. Естественно, этим определяется и значительная интенсивность облучения, используемая при исследованиях биологического действия КВ и УКВ. В последние десятилетия указанные диапазоны широко используются и для целей радиосвязи, радиовещания и телевидения, а также в таких отраслях промышленности, где применяют термическую обработку диэлектриков, сварку пластикутов и др. В таких условиях, несмотря на значительные мощности источников излучения, обслуживающий персонал подвергается действию в основном сравнительно небольших интенсивностей облучения, которые не вызывают повышения температуры тела. Таким образом, диапазоны КВ и УКВ представляют интерес при действии как больших, так и главным образом малых интенсивностей облучения.

Для диапазона микроволн 300—300 000 Мгц (миллиметровые, сантиметровые, дециметровые волны) характерны некоторые особенности как в физическом, так и в гигиеническом аспекте. Прежде всего в отличие от более длинной части спектра радиоволн для этого диапазона характерна ограниченная глубина проникновения в организм. Так, миллиметровые волны поглоща-

ются в поверхностном слое кожи, сантиметровые — на глубине 2—4 см, дециметровые проникают глубже. С гигиенической точки зрения имеется также существенная особенность, заключающаяся в том, что возможность подвергаться микроволновому облучению имеется особенно при создании и серийном выпуске источников МКВ, например радиолокационных станций, и при их эксплуатации. В отличие от микроволнового диапазона более длинная часть спектра радиоволн (средние, короткие, ультракороткие волны) с гигиенической точки зрения имеют особое значение при эксплуатации их источников. Диапазон микроволн представляет интерес при действии как больших, так и малых интенсивностей облучения. Наконец, необходимо отметить, что биологическое действие наиболее длинной части спектра электромагнитных волн радиочастот — длинные и средние волны (100 кгц — 3 Мгц), несмотря на их широкое применение для термической обработки металлов в электровакуумной и машиностроительной промышленности, нашло освещение лишь в последние годы. Благодаря работам М. С. Толгской и К. В. Никоновой (1964) впервые были показаны гистологические изменения в органах и тканях облученных животных при действии электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля высокой частоты (средние волны). Однако интенсивности облучения, использованные в эксперименте (1800 в/м и 60 а/м), не вызвали повышения температуры тела, и мы условно отнесем вызванный эффект к нетепловому.

Морфологическая картина изменений в органах и тканях при действии КВ, УКВ и МКВ большой интенсивности в основном носит одинаковый характер.

В острых опытах смерть животных (мышей, крыс, кроликов) наступает быстро, с выраженными явлениями перегрева, что, по мнению большинства авторов, является причиной гибели животных и не отличается от явлений, сопровождающих обычную гипертермию.

Так, Г. М. Славский, Л. С. Бурназ (1933), Oettingen (1931) при однократном воздействии КВ и УКВ наблюдали выраженные сосудистые расстройства: полнокровие мозга и внутренних органов, множественные мелкие кровоизлияния в плевре, перикарде, мозговых оболочках. Дистрофические процессы при этом, очевидно, не успевали развиваться вследствие быстрого смертельного исхода и были незначительны. При повторных кратковременных

облучениях с той же интенсивностью сосудистые расстройства и дистрофические процессы носили выраженный характер.

Морфологические изменения при действии УКВ и КВ больших интенсивностей характеризуются, по данным В. А. Жухина (1937), С. А. Шибковой (1937) и ряда других исследователей, помимо гиперемии и кровоизлияний во всех внутренних органах и мозге, резко выраженным трупным окоченением, а также дистрофическими изменениями клеток печени, эпителия извитых канальцев почек и мышечных волокон сердечной мышцы; кроме того, обнаружены дистрофические процессы в синапсах, дистрофические изменения нервных клеток различных отделов центральной нервной системы и вегетативных узлов. Острое набухание протоплазмы нервных клеток с вакуолизацией ее особенно выражено в гипоталамической области (С. А. Шибкова, 1937; П. Либезни, 1936).

Отмечаются также значительные изменения в половых железах в виде дистрофии эпителия семенных канальцев вплоть до некроза их (Oettingen, 1931; Schliephake, 1932), дистрофические изменения яйцеклеток с атрофией фолликулов и образованием кист (В. М. Лотис, 1936; А. Б. Гиллерсон, А. В. Возная, 1939).

В диапазоне микроволн морфологические исследования до последних лет представлены главным образом при действии сантиметровых волн преимущественно большой интенсивности и чаще в непрерывном режиме излучения. В доступной нам литературе совсем не встречались исследования в миллиметровом диапазоне.

Исследования в 3—10-сантиметровом и дециметровом диапазонах (длина волны 21, 40 и 82 см), проведенные Е. В. Милютиной (1938), Seguin, Castelain (1947), Boyesen (1953), В. Ю. Первушиным, А. В. Триумфовым (1957), Л. А. Долиной (1959), М. С. Толгской, З. В. Гордон, Е. А. Лобановой (1960), С. Ф. Городецкой (1962), И. В. Питенным (1962), Minecki и Bilski (1961) в остром опыте при действии больших интенсивностей облучения часто с летальным исходом, выявили выраженные сосудистые расстройства в виде полнокровия, периваскулярного отека, множественных кровоизлияний и многочисленных инфарктов в легких, кровоизлияний в селезенке, печени, почках. Дистрофические изменения, как и при облучении КВ и УКВ, по-видимому, не успевали развиваться вследствие быстрого смертельного исхода.

При хроническом воздействии наряду с перекрестом полнокровием органов более выражены дистрофические изменения, которые характеризуются набуханием нервных клеток в головном мозге, появлением вакуолей в протоплазме отдельных клеток гипоталамической области, белковой дистрофией эпителия извитых канальцев почек, мелкоканальной жировой дистрофией клеток печени, белковой дистрофией и очаговой гомогенизацией отдельных волокон миокарда.

Группа работ посвящена действию сантиметровых волн большой интенсивности на половые железы (Imig и др., 1948; Gunn, Gould, Anderson и др., 1961; В. А. Повжитков и др., 1961; А. П. Березницкая, 1968а, б; С. Ф. Городецкая, 1962, 1963, 1964; Minecki, 1967). При весьма больших интенсивностях облучения (250—400 мвт/см<sup>2</sup>) наблюдались ожоги кожи мошонки III степени, обширные кровоизлияния в ткани семенников. Микроскопически, кроме того, наблюдался коагуляционный некроз семенных трубочек. Спустя 4 недели после такого однократного облучения семенные трубочки были лишены герминативного эпителия, интерстициальная ткань содержала многочисленные фибробласты и мало клеток Лейдига (Gunn и др.). Облучение электромагнитными волнами радиочастот может вызвать в гонадах необратимые морфологические изменения не только при больших, но и при внутермических интенсивностях. С этой точки зрения определенное значение приобретают исследования Imig и др., показавшие значительные морфологические изменения в семенниках, возникающие при более низкой температуре, чем при воздействии конвекционного тепла.

Особый интерес представляют исследования Ummergen (1961), обнаружившего в развивающемся эмбрионе цыпленка при большой интенсивности облучения (400 мвт/см<sup>2</sup>) задержку клеточной дифференциации в тканях.

Таким образом, приведенные данные об экспериментально-морфологических исследованиях органов и тканей животных, однократно облученных различными диапазонами радиоволн (КВ, УКВ, МКВ) большой интенсивности, свидетельствуют об одинаковом характере наблюдаемых изменений. Эти морфологические изменения характеризуются выраженными сосудистыми расстройствами (полнокровие, периваскулярный отек, множественные кровоизлияния), что, очевидно, обусловлено теп-



Рис. 1. Загрузка животных для облучения в объемном резонаторе; диапазон УКВ (70 Мгц).

ловым эффектом, вызываемым воздействием радиоволн различных диапазонов. Многократные облучения приводят к более умеренным сосудистым расстройствам, сочетающимся с выраженными дистрофическими изменениями (сморщивание с темным окрашиванием нервных клеток коры, набухание и вакуолизация протоплазмы нервных клеток, особенно гипоталамической области, зернистая, или белковая, дистрофия эпителия извитых канальцев почек, мелкокапельная жировая дистрофия клеток печени, поражение герминативного эпителия и др.).

Мало освещены в литературе вопросы морфологических изменений при действии радиоволн малой интенсивности.

Как уже указывалось, К. В. Никоновой и М. С. Толгской впервые были проведены исследования биологического действия средних радиоволн при интенсивностях, не вызывающих повышения температуры тела. Длительные повторные (10 месяцев) облучения животных (белые крысы) в электрическом поле напряженностью 1800 в/м и в магнитном поле напряженностью 50 а/м вызывают умеренные гистологические изменения в органах

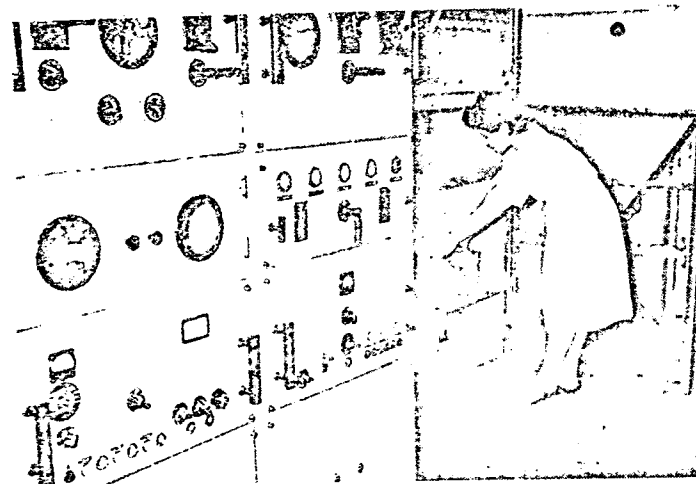


Рис. 2. Подготовка экспериментальных животных для облучения; диапазон КВ (15 Мгц).

и тканях животных. Эти изменения характеризуются явлениями умеренных сосудистых расстройств, раздражением нервной системы в виде изменений рецепторного и синаптического аппаратов, пролиферативной реакцией клеток микроглии в мозге и начальными дистрофическими изменениями нервных клеток мозга и внутренних органов.

Исследования, посвященные действию КВ и УКВ меньших интенсивностей (Г. Л. Славский, Л. С. Бурназ, 1933; В. А. Милицина и А. П. Возная, 1937; А. В. Рахманов, 1940, и др.), указывают на морфологические изменения, которые характеризуются набуханием эндотелия сосудов, особенно капилляров печени, зернистой дистрофией эпителия почечных канальцев, явлениями раздражения в селезенке (митозы, появление плазмочитов), стимуляцией гемопоэтической функции и др. Все это говорит об участии ретикуло-эндотелиальной системы в общей реакции организма на воздействие КВ и УКВ.

При сравнительно небольших интенсивностях облучения КВ и УКВ авторы наблюдали пролиферативные процессы в различных органах облученных животных, пролиферацию эндотелия кровеносных сосудов, увеличение



числа митозов и молодых клеточных форм в костном мозге, селезенке и т. д. А. И. Воротилкин (1940) описал пролиферацию соединительнотканых клеток и лимфоидных элементов в печени, миокарде, легких облученных животных.

Что касается морфологических изменений, вызываемых микроволновым облучением (дециметровые, сантиметровые, миллиметровые волны) малой интенсивности, то с ними можно ознакомиться только в единичных работах (З. В. Гордон, Е. А. Лобанова, М. С. Толгская, 1955; В. Ю. Первушин, 1957; М. С. Толгская, З. В. Гордон, Е. А. Лобанова, 1960; М. С. Толгская, З. В. Гордон, 1964, 1968). Наряду с маловыраженными дистрофическими процессами авторы наблюдали оживленную пролиферативную реакцию микроглии в мозге и ретикуло-эндотелиальных клеток во внутренних органах. Показано, что малые интенсивности микроволнового облучения вызывают изменения в межнейронных связях мозга, а также в рецепторном аппарате кожи и внутренних органов.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В связи с тем что наши исследования охватывали широкий диапазон электромагнитных волн радиочастот, для облучения животных были использованы различные источники.

В диапазоне средних волн облучение животных производилось от генератора с частотой 500 кгц—1,5 Мгц при напряженности электрической составляющей поля в конденсаторе от 0 до 8000 в/м и магнитной в соленоиде от 0 до 160 а/м.

В диапазонах коротких (14,88 Мгц) и ультракоротких (69,7; 155 и 191 Мгц) волн животные облучались в объемных резонаторах (рис. 1, 2). Конструктивно объемный резонатор представляет собой металлическую камеру, размер которой обуславливается частотной характеристикой генератора.

В диапазоне микроволн (дециметровые, сантиметровые, миллиметровые волны) генерируемая энергия излучалась рупорными прямоугольной или конической формы антеннами (рис. 3, 4).

Если в диапазонах средних, коротких и ультракоротких волн облучение животных происходило в замкнутых

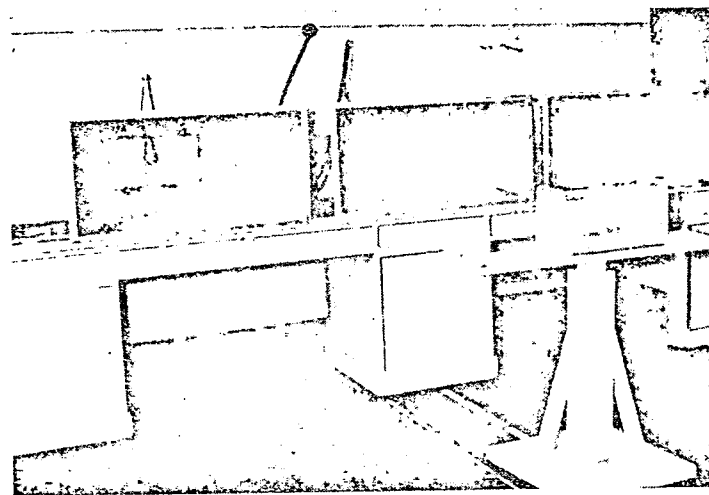


Рис. 3. Облучение животных в диапазоне дециметровых волн.

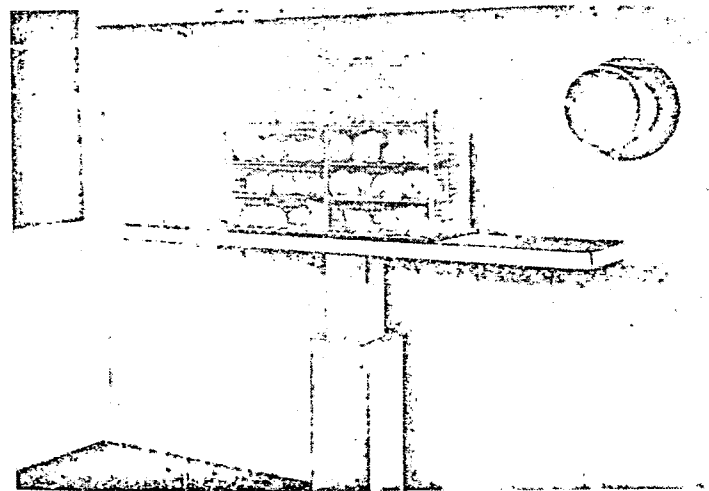


Рис. 4. Облучение животных в диапазоне сантиметровых волн.

пространствах (конденсатор, соленоид, объемный резонатор), то микроволновое облучение осуществлялось главным образом дистанционно, причем регулирование интенсивности облучения происходило либо изменением расстояния от излучающего устройства, либо изменением выходной мощности генератора (с помощью регулятора мощности). В отдельных случаях использовался контактный метод, который позволяет учесть поглощаемую в облучаемом участке тела энергию микроволн.

Нами производились главным образом групповые облучения животных.

Для облучения в среднем, коротком и ультракоротком диапазонах животных помещали в специальные клетки из плексигласа, который практически прозрачен для этих диапазонов и не вызывает искажения поля. Для диапазона микроволн и особенно для миллиметровых волн в качестве материала для клеток использовали полистирол, имеющий диэлектрическую проницаемость  $\epsilon = 2,4 - 2,9$  и тангенс угла диэлектрических потерь  $0,0002 - 0,0003$ . Такое качество материала обеспечивало незначительное отражение волн от передней (облучаемой) стенки клетки и минимальные потери энергии в толще стенок.

Клетку с животными помещали так, чтобы ось рупорной антенны проходила через центр симметрии передней стенки клетки, расположенной перпендикулярно к оси рупорного излучателя.

Клетки для крыс двух- или трехъярусные на 6—9 отделений и многоярусные для мышей на 10 отделений имели в боковых стенках отверстия для нормального проветривания.

Морфологическое и физиологическое исследования проведены нами на 646 животных (кролики, крысы, мыши). Продолжительность эксперимента в остром опыте была от нескольких минут до 2 суток. Продолжительность хронического эксперимента при облучении малыми интенсивностями — до 15 месяцев. Животных забивали декапитацией. При гистологическом исследовании, кроме обычных окрасок органов, применяли различные элективные окраски нервной системы (центральной и периферической), а также ряд гистохимических реакций и специальное исследование нейросекреторной функции гипоталамической области и нейрогипофиза.

Воздействие МКВ изучали в трех основных диапазонах микроволн: сантиметровом, дециметровом и милли-

метровом. При однократном воздействии МКВ применяли интенсивности  $40 - 100$  мвт/см<sup>2</sup>, которые вызывали смертельный исход. Многократное воздействие МКВ изучено также при больших интенсивностях. Животных забивали через 5 месяцев. При малых интенсивностях  $1 - 10$  мвт/см<sup>2</sup> продолжительность облучения была до 10 месяцев. Необходимо отметить, что все исследования детально проведены прежде всего в диапазоне МКВ (особенно в диапазоне 10 см).

Для сравнения и выявления особенностей действия приводятся краткие данные об исследованиях при облучении УКВ, КВ и средневолновым диапазоном.

Воздействие в диапазоне УКВ (191, 155, 69 Мгц) изучали также при больших ( $350 - 5000$  в/м) и малых ( $20 - 150$  в/м) интенсивностях облучения; в диапазоне КВ (14 Мгц) были использованы в качестве большой интенсивности  $5000 - 9000$  в/м и малой —  $2250$  в/м. Что касается диапазона средних волн, то в этом диапазоне экспериментальных животных подвергали многократному воздействию с интенсивностью  $180$  ов/м и  $50$  а/м на протяжении 10 месяцев.

Иллюстрации к монографии даны нами в конце каждого раздела для удобства их сравнительного рассмотрения. В ссылках же в тексте указываются номера рисунков, документирующих тот или иной факт.

## РАЗДЕЛ I

### ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ У ЖИВОТНЫХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНОВ РАДИОВОЛН БОЛЬШОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Мы позволили себе объединить материалы о действии всех диапазонов электромагнитных волн радиочастот большой интенсивности. Основанием для этого послужило то, что клиническая картина перегрева, вызванная облучением большой интенсивности, и морфологические изменения носят одинаковый характер.

Клиническая картина перегрева у животных, облученных волнами большой интенсивности, характеризуется пятью периодами. Первый период — это обычно ориентировочная реакция. Второй и третий периоды, когда даже находящаяся под наркозом (предварительное наркотизирование) крыса пробуждается. Небольшое покраснение лап, хвоста, ушей во втором периоде переходит в выраженную гиперемию; затем реакция возбуждения сменяется депрессией. В четвертый период животное лежит, изредка наблюдаются клонические судороги и парезы, резкая гиперемия лап, хвоста, ушей, кончика носа, отеки головы и половых органов. Наконец, в пятый период животные принимают боковое положение, отмечаются обильные сукровичные выделения из носа и рта. Этот период заканчивается гибелью животных с последующим быстрым трупным окончанием.

Продолжительность каждого периода определяется диапазоном волн и интенсивностью облучения. Для коротких, ультракоротких волн и микроволн первые два периода продолжаются от 1 до 50 минут, третий — от 2 до 20 минут, а четвертый и пятый — от 2 до 30 минут.

Известно, что в процессе облучения животных в зависимости от интенсивности воздействия могут быть три фазы изменения ректальной температуры (Michaelson и др., 1961, 1961a; Howland и др., 1961): сначала некоторое повышение температуры, затем период равновесного состояния и, наконец, быстрое повышение, приводящее к необратимому нарушению терморегуляции и гибели животного. Однако, если животное подвергать облучению микроволнами значительной интенсивности (например, свыше 100 мвт/см<sup>2</sup>), то максимальное повышение температуры наступает раньше и животное погибает быстрее. Используя в своих исследованиях большие интенсивности облучения, мы, как правило, отмечаем повышение температуры тела животных in rectum на 2—6° С (до 42—45°). Наибольший температурный прирост наблюдался для 10-сантиметровых волн.

Если сравнить уровень повышения общей температуры тела при облучении с одинаковой интенсивностью, например более коротким диапазоном микроволн и инфракрасными лучами, т. е. в том случае,

когда и первые и вторые в основном поглощаются в коже, значительно быстрее и до более высокой температуры нагревают кожу микроволны, и летальный исход наступает значительно быстрее (Deichman и др., 1959). Следовательно, можно полагать, что тепловой эффект определяется не только количеством действующей энергии и не только тепловой эффект микроволн даже большой интенсивности определяет их биологическое действие. Это положение является весьма важным, ибо в дальнейшем, при изложении биологического действия малых интенсивностей облучения (не вызывающих повышения температуры тела), мы также показываем значение малых (нетепловых) интенсивностей облучения в вызываемых ими биологических эффектах.

Интенсивности облучения, вызывающие тяжелое течение перегрева со смертельным исходом, неодинаковы для разных диапазонов волн.

В табл. I показана зависимость длительности жизни животных от диапазона волн и интенсивности облучения.

Таблица I

Продолжительность жизни животных при облучении различными диапазонами радиоволн

Диапазон волн	Интенсивность облучения		Время в минутах и % гибели животных	
	напряженность поля в ПЧМ	плотность энергии в эрг/см <sup>2</sup>	50%	100%
Средние (500 кГц)	8 000 в/м	$2 830 \cdot 10^{-6}$	Нет	
Короткие (14,88 МГц)	5 000 "	$1 100 \cdot 10^{-6}$	100	
Ультракороткие (69,7 МГц)	9 000 "	$3 564 \cdot 10^{-6}$		10
155 "	5 000 "	$1 100 \cdot 10^{-6}$		
191 "	2 000 "	$176 \cdot 10^{-6}$	100—120	130—200
Микроволны				
Дециметровые	700 "	$21,5 \cdot 10^{-6}$	100—120	130—200
Сантиметровые	350 "	$5,4 \cdot 10^{-6}$	100—150	160—200
10 см	100 мвт/см <sup>2</sup>	$33 \cdot 10^{-6}$	60	
3 "	100 "	$33 \cdot 10^{-6}$	15	60
Миллиметровые	100 "	$33 \cdot 10^{-6}$	110	
			180	

Так как величины интенсивности облучения различными диапазонами волн выражаются различными единицами — напряженностью поля или плотностью потока мощности (вольт на метр, микроватт на квадратный сантиметр), данные наших исследований (З. В. Гордон, Е. А. Лобанова, 1960; К. В. Никонова, 1964; П. П. Фукалова, 1964) приводятся в единицах плотности энергии (эрг на квадратный сантиметр). При одинаковой интенсивности облучения микроволнами (100 мвт/см<sup>2</sup>, или  $33 \cdot 10^{-6}$  эрг/см<sup>2</sup>) наиболее быстро погибают животные от действия 10-сантиметровых волн (15 минут). При одинаковой интенсивности облучения УКВ и КВ (5000 в/м, или  $1100 \cdot 10^{-6}$

эрг/см<sup>2</sup>) животные, подвергавшиеся воздействию УКВ, погибают в течение 5 минут, а КВ — спустя 100 минут. В диапазоне средних волн облучение 8000 в/м не вызывало гибели животных на протяжении многих часов, в то время как 9000 в/м в диапазоне КВ приводило к быстрой гибели (10 минут) всех животных (100 %).

Таким образом, с укорочением длины волны плотность энергии (ПЭ), вызывающая гибель животных, снижается до диапазона микроволн, а затем несколько повышается. Если средние волны при ПЭ  $2830 \cdot 10^{-6}$  не вызывают гибели животных на протяжении многих часов, то короткие и ультракороткие волны при значительно меньшей ПЭ ( $176 \cdot 10^{-6}$ — $5,4 \cdot 10^{-6}$  эрг/см<sup>2</sup>) приводят к гибели 50% облученных животных примерно в одинаковые сроки (100—120 минут).

Что касается микроволн, то последние при одинаковой ПЭ в различные сроки (15—180 минут) вызывают гибель 50% животных. Особенно быстрое действие оказывают 10-сантиметровые волны, причем клиническая картина перегрева весьма тяжела.

Рассмотрим морфологические изменения в органах четырех групп животных, подвергнутых воздействию разных диапазонов волн (МКВ, УКВ, КВ и СВ).

## Глава I

### МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ МИКРОВОЛН (МКВ) БОЛЬШОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ (САНТИМЕТРОВЫЙ, МИЛЛИМЕТРОВЫЙ И ДЕЦИМЕТРОВЫЙ ДИАПАЗОНЫ)

#### Морфологические изменения при действии сантиметровых волн большой интенсивности

Исследовались морфологические изменения при однократном воздействии 3- и 10-сантиметровых волн большой и средней интенсивности, вызывающих у животных более или менее выраженные явления перегрева.

Результаты исследования показали, что воздействие 10- и 3-сантиметровых волн сопровождается рядом функциональных и морфологических изменений.

Изученный материал можно разделить на ряд групп, различающихся по интенсивности и срокам воздействия. Поскольку морфологические изменения у животных в каждой группе были идентичны, мы позволили себе описание материала производить суммарно — по группам.

**Группа 1.** При однократном (в течение 25—40 минут) воздействии на животных 10- и 3-сантиметровыми волнами большой интенсивности (от 40 до 100 мвт/см<sup>2</sup>) на-

блюдались клинически тяжелые явления перегрева со смертельным исходом.

При вскрытии животных обнаружены резкие сосудистые расстройства в виде полнокровия и множественных кровоизлияний в веществе мозга и мягких мозговых оболочках, серозных оболочках брюшины, плевры, перикарда. Трупное окоченение резко выражено. При микроскопическом исследовании найдены сосудистые расстройства в нервной системе и внутренних органах в виде полнокровия, периваскулярного отека и множественных мелких кровоизлияний в мозге, миокарде (рис. 5, б, в), плевре, эпикарде, слизистой оболочке кишечника.

Сосудистые расстройства сопровождались в мозге отеком олигодендроглии с образованием дренажных форм (рис. 6, б, в), острым набуханием нервных клеток различных отделов мозга с единичными вакуолями в протоплазме отдельных нейронов (рис. 7, б), гомогенизацией и иногда мелкокапельным жировым распадом отдельных волокон миокарда (рис. 8, б и в), поражением семенников, в которых обнаруживалось выпадение белковых масс в просвет отдельных канальцев и в некоторых случаях некроз единичных трубочек семенников (рис. 9, б). Во всех случаях было уменьшено содержание рибонуклеопротеидов в эпидермисе и его дериватах верхних слоев кожи. Обнаружены зернистая (белковая) дистрофия эпителия извитых канальцев почек и мелкокапельная жировая дистрофия клеток печени. Отмечено полное отсутствие пролиферативной реакции со стороны микроглии в мозге и ретикуло-эндотелиальных элементов в печени. Эта защитно-приспособительная реакция подавляется при облучении большими интенсивностями различных диапазонов радиоволн.

**Группа 2.** Животные облучались однократно (в течение 30 минут) импульсными 10-сантиметровыми волнами с интенсивностью 20 мвт/см<sup>2</sup>. Смертельного исхода не было, и животные забиты сразу после прекращения облучения с небольшими явлениями перегрева. При вскрытии животных сосудистые расстройства были не так резки, как в предыдущей группе. Обнаружено хорошо выраженное трупное окоченение.

При гистологическом исследовании на фоне сосудистых расстройств выявлены острое набухание нервных клеток различных отделов мозга с единичными вакуолями в протоплазме, набухание и гомогенизация мышечных

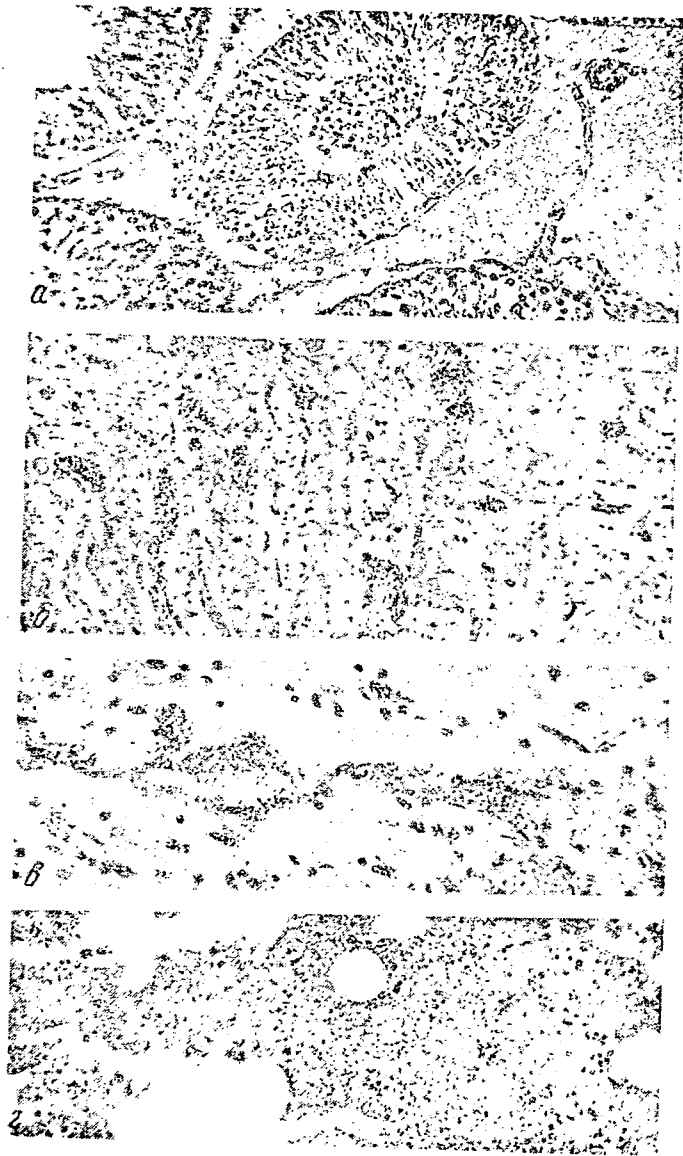


Рис. 5. Сравнительная характеристика сосудистых расстройств при однократном облучении разными диапазонами волн большой интенсивности. Окраска гематоксилин-эозином.

*a* — множественные кровоизлияния в строге семенника при действии волн миллиметрового диапазона. Увеличение  $\times 400$ ; *b* — множественные кровоизлияния в миокарде при действии волн сантиметрового диапазона. Увеличение  $\times 200$ ; *v* — множественные кровоизлияния в мозге при действии волн дециметрового диапазона. Увеличение то же; *g* — множественные кровоизлияния в просвет альвеол при облучении в диапазоне КВ. Увеличение  $\times 100$ .

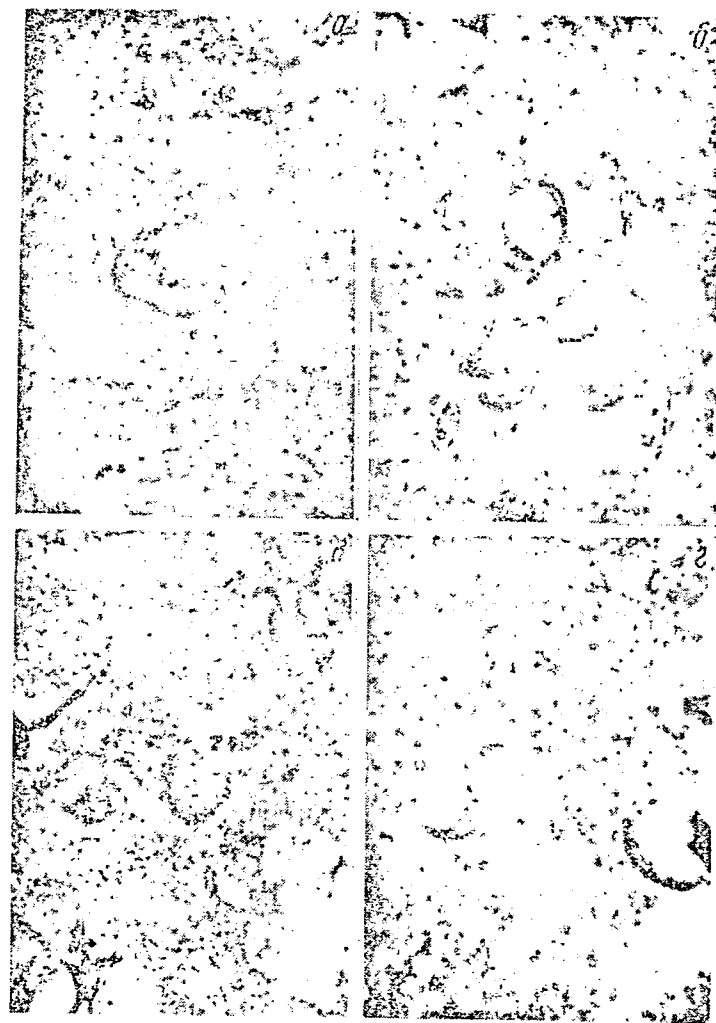


Рис. 6. Сравнительная характеристика изменений олигодендроглии при облучении различными диапазонами волн большой интенсивности. Окраска по Мийагава — Александровской, увеличение  $\times 600$ .

*б* и *в* — отек отдельных олигодендроглиоцитов с образованием так называемых дренажных клеток. Облучение в диапазоне сантиметровых волн; *a* и *г* — отек отдельных олигодендроглиоцитов с образованием так называемых дренажных клеток (*a* — облучение в диапазоне миллиметровых волн); *д* — облучение в диапазоне дециметровых волн.

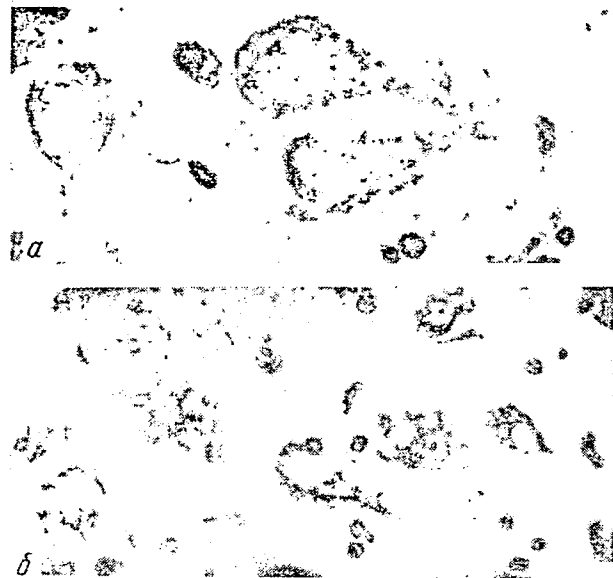


Рис. 7. Сравнительная характеристика действия на нервные клетки гипоталамической области облучения в различных диапазонах радиоволн большой интенсивности. Окраска по Нисслю.

*a* — вакуолизация нервных клеток гипоталамической области при облучении в диапазоне миллиметровых волн. Увеличение  $\times 600$ ; *b* — вакуолизация нервных клеток гипоталамической области при облучении в диапазоне сантиметровых волн. Увеличение  $\times 540$ .

волокон миокарда и начальные дистрофические изменения в виде зернистой дистрофии протоплазмы отдельных клеток печени и эпителия отдельных извитых канальцев почек. Отсутствовали пролиферативная реакция микроглии в мозге и размножение ретикуло-эндотелиальных элементов в печени.

При однократном облучении животных импульсными 3-сантиметровыми волнами в течение 30 минут с интенсивностью 20 мвт/см<sup>2</sup>, как правило, не отмечалось явления перегрева. Гибели животных не было. Все животные забиты сразу после прекращения облучения.

При гистологическом исследовании обнаружены небольшое полнокровие, явления периваскулярного отека в мозге и набухание протоплазмы нервных клеток с единичными мелкими вакуолями, полнокровие и набухание, а также и неравномерная окрашиваемость отдельных мы-

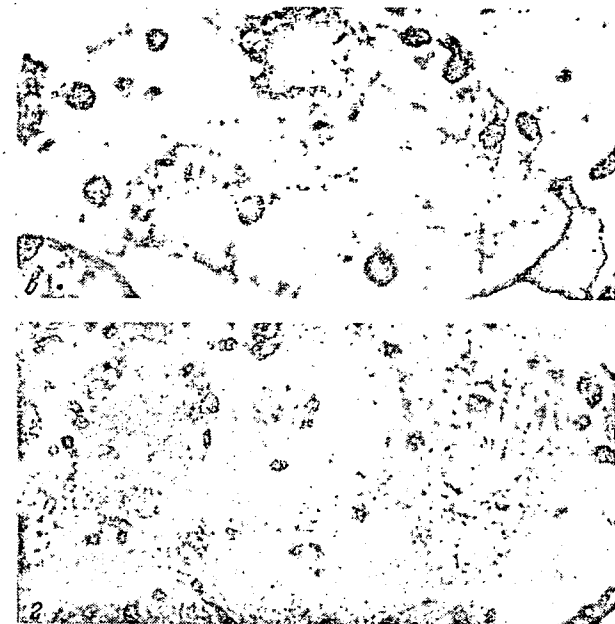


Рис. 7. Сравнительная характеристика действия на нервные клетки гипоталамической области облучения в различных диапазонах радиоволн большой интенсивности. Окраска по Нисслю.

*a* — вакуолизация нервных клеток гипоталамической области при облучении в диапазоне дециметровых волн. Увеличение  $\times 600$ ; *б* — вакуолизация нервных клеток и набухание их протоплазмы при облучении в диапазоне КВ. Увеличение  $\times 300$ .

шечных волокон миокарда, полнокровие и нерезко выраженная зернистая (белковая) дистрофия протоплазмы клеток печени и эпителия извитых канальцев почек. В кишечнике, селезенке, легких и семенниках полнокровие и отек. При сравнении действия 3- и 10-сантиметровых импульсных волн следует отметить более выраженные изменения под влиянием 10-сантиметровых волн.

**Группа 3.** Изучались морфологические изменения во внутренних органах и нервной системе у 75 белых крыс, подвергавшихся многократному воздействию (75 сеансов) импульсными и непрерывными 10-сантиметровыми волнами и импульсными 3-сантиметровыми волнами большой интенсивности (40 мвт/см<sup>2</sup>), но с очень малой продолжительностью облучения (5—10 минут).

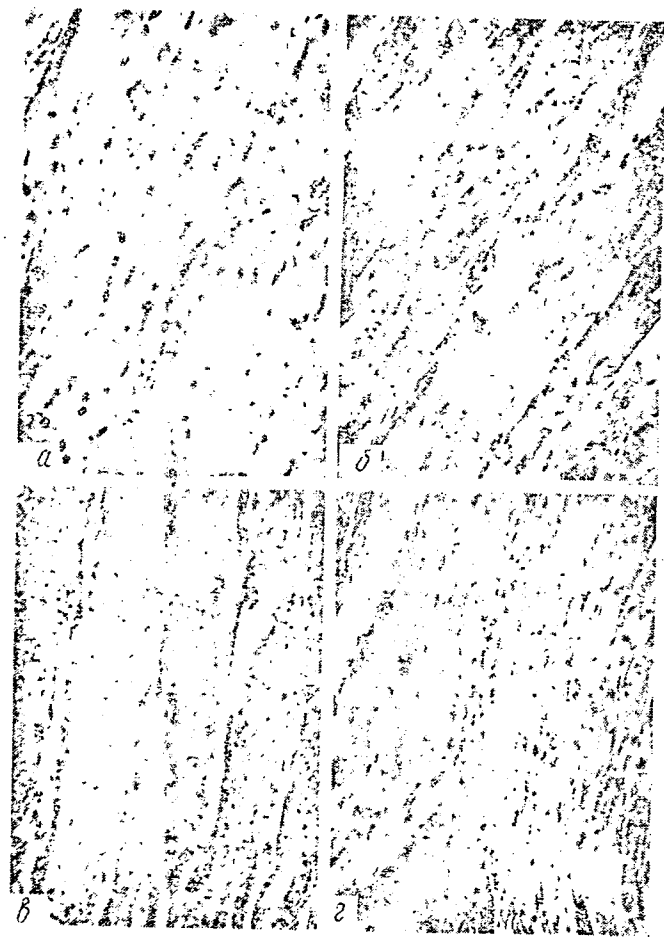


Рис. 8. Сравнительная характеристика изменений мышечных волокон миокарда при облучении в различных диапазонах радиоволн большой интенсивности.

*а* - неравномерная окрасиваемость мышечных волокон при облучении в диапазоне миллиметровых волн. Окраска гематоксилин-эозином, увеличение  $\times 300$ ; *б* - резко выраженная неравномерная окрасиваемость и гомогенизация мышечных волокон миокарда при облучении в диапазоне сантиметровых волн. Окраска и увеличение те же; *в* - мелкокапельная жировая дистрофия мышечных волокон миокарда при облучении в диапазоне дециметровых волн. Окраска суданом III, увеличение  $\times 600$ ; *г* - гомогенизация и неравномерная окрасиваемость мышечных волокон миокарда при облучении в диапазоне дециметровых волн. Окраска гематоксилин-эозином, увеличение  $\times 300$ .

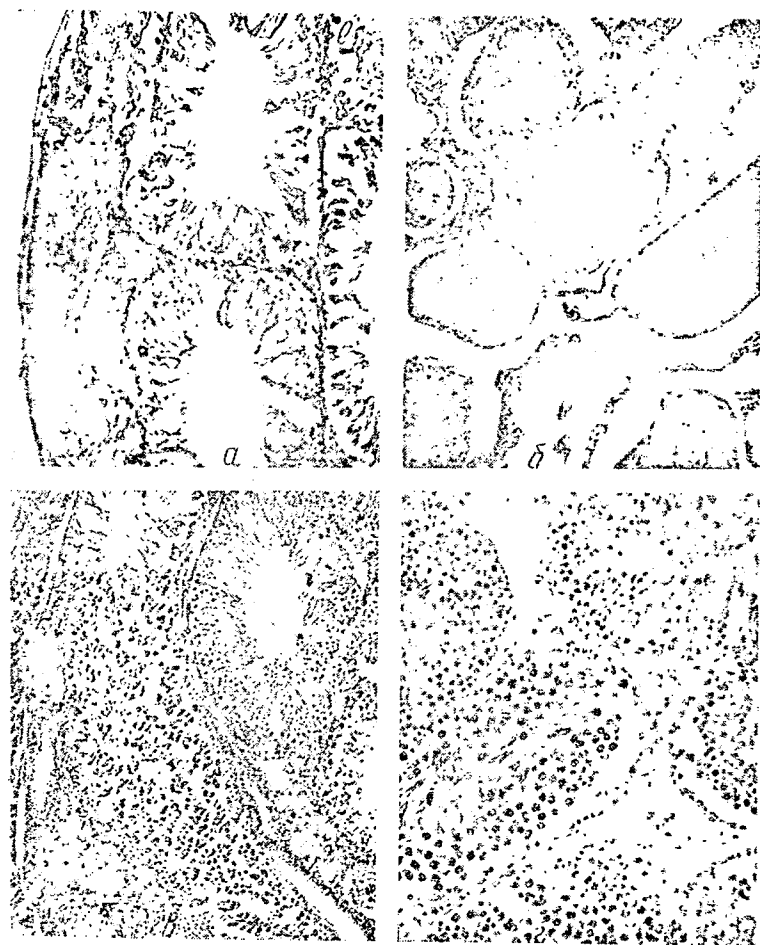


Рис. 9. Сравнительная характеристика изменений в семенниках при облучении в различных диапазонах радиоволн большой интенсивности. Окраска гематоксилин-эозином.

*а* - некроз одного канальца под капсулой. Увеличение  $\times 300$ ; *б* - увеличение белковых масс в просвет отдельных семенных канальцев и некроз трубочек в семеннике при действии волн сантиметрового диапазона. Увеличение  $\times 250$ ; *в* - множественные кровоизлияния в семеннике при действии волн дециметрового диапазона. Увеличение  $\times 300$ ; *г* - отек стромы семенника животного, облученного в диапазоне УКВ. Увеличение  $\times 400$ .

Тяжелые клинические явления перегрева наблюдались у животных только в первые сеансы облучения. В дальнейшем они удовлетворительно переносили облучение, температура тела восстанавливалась и прирост в весе у молодых подопытных животных не отличался от такового у контрольных. Животные забиты декапитацией после 75 сеансов облучения. При вскрытии обнаружено неравномерное полнокровие. Трупное окоченение не так резко выражено, как в предыдущих группах. Печень дряблая, желтого цвета. Ткань почек мутновата, со слегка набухшим корковым слоем.

Гистологическое исследование органов и тканей животных, забитых сразу же после многократных облучений, показало умеренные сосудистые расстройства в мозге и внутренних органах. В нервных клетках мозга наблюдались дистрофические изменения в виде сморщивания с темным окрашиванием отдельных нейронов коры и набухания протоплазмы с растворением тигрондной субстанции и с появлением мелких вакуолей в отдельных нервных клетках гипоталамической области. Отмечались набухание, неравномерное окрашивание и гомогенизация отдельных групп мышечных волокон миокарда, изредка жировая дистрофия их, небольшая мелкокапельная жировая дистрофия отдельных печеночных клеток. Найдены оживленная пролиферативная реакция микроглии в мозге (см. рис. 14, а), а также размножение ретикуло-эндотелиальных элементов в печени (см. рис. 14, б), т. е. оживленная пролиферативная реакция ретикуло-эндотелиальных элементов, принимающих участие как в местных, так и в общих защитно-приспособительных реакциях организма. У всех облученных животных описанные дистрофические изменения в нервной системе и внутренних органах носили очаговый характер и всегда рядом с измененными клетками можно было наблюдать клетки нормальной конфигурации.

Несмотря на то что у облученных животных имелись небольшие дистрофические изменения во внутренних органах и нервной системе, а также резко выраженные сосудистые расстройства, следует отметить, что при жизни они чувствовали себя удовлетворительно и оставались практически здоровыми, что говорит о больших компенсаторных возможностях в целостном организме.

Представлялось интересным исследовать морфологические изменения в особо чувствительных образованиях

нервной системы. С этой целью мы изучали морфологические изменения в рецепторном аппарате кожи и интэрорецепторах различных рецепторных зон внутренних органов у 25 животных (кролики и крысы) при облучении 10-сантиметровыми волнами большой интенсивности.

Изменение рецепторного аппарата кожи особенно интересовало нас, потому что при действии радиоволн на живой организм кожа является на их пути первым барьером. Благодаря наличию огромного количества нервных афферентных окончаний кожа представляет собой мощное рецепторное поле, реакция которого при действии различных диапазонов радиоволн во многом определяет реакцию организма в целом. Не менее интересно было выявить изменения и в интэрорецепторах внутренних органов, так как, согласно литературным данным, интэрорецепторные приборы внутренних органов очень чувствительны к различным, даже минимальным, вредным воздействиям.

Школой Б. И. Лаврентьева за последние годы накоплен большой материал по вопросу о морфологии и патологии чувствительной иннервации внутренних органов. Доказано, что чувствительные волокна, принимающие участие в иннервации внутренних органов, принадлежат нейронам спинномозговых узлов, а иногда черепномозговых узлов.

Интэрорецепторный аппарат внутренних органов помогает поддерживать относительное постоянство внутренней среды, лежащее в основе нормального существования организма. Если же раздражение чрезмерно, то могут возникать патологические процессы.

В. Н. Черниговский указывает, что резонанс, возникающий в нервной системе и вызванный раздражением рецепторных полей, охватывает собой весьма большое количество физиологических процессов. Другими словами, раздражения, исходящие из интэрорецепторных полей, нарушают деятельность соматической мускулатуры, гладких мышц, системы дыхания, кровообращения, кровотока, работу почек, надпочечников и нарушают обмен веществ.

По В. Н. Черниговскому, такая широкая иррадиация является характерной чертой для раздражения с интэрорецепторов вообще и с сосудистых в особенности.

Многочисленные исследователи изучали изменения в интэрорецепторном аппарате внутренних органов при



различных заболеваниях и при воздействии на организм разнообразных вредных факторов. Изучались изменения интерорецепторного аппарата различных рецепторных (рефлексогенных) зон: 1) желудочно-кишечного тракта, 2) пери-эндо-миокарда, 3) дуги аорты (систокаротидной зоны), стенка крупных сосудов. Исследования проводились при раке, язвенной болезни, кишечной непроходимости, гипертонической болезни, дифтерии, туберкулезе, уремии, действии УВЧ, рентгеновском облучении, экспериментальном кислородном голодании (Б. А. Долго-Сабуров, В. В. Куприянов, Б. И. Лаврентьев, Е. К. Плечкова). Обнаруженные при этом морфологические изменения в рецепторном аппарате различных рецепторных зон сходны и сводятся в основном к различной степени явлениям раздражения и дистрофическим изменениям.

Изменениям интерорецепторов при воздействии СВЧ поля посвящена работа В. Ю. Первушина (1957), показавшего, что в интерорецепторном аппарате сердца при облучении СВЧ полем обнаруживаются обратимые и необратимые изменения.

Действие СВЧ поля в первую очередь, по мнению автора, сказывается на афферентных волокнах спинномозговых узлов, изменения же в периферических компонентах вегетативной нервной системы незначительны.

На нашем материале концевых инкапсулированных и свободных окончаний мы не встретили. В основном нами изучались афферентные тонкие (чувствительные) нервные волокна кожи и внутренних органов. Принадлежность этих волокон именно к чувствительным (афферентным) волокнам во всех случаях доказывалась отхождением их от мягкотных нервных стволов (прослежено путем изучения серийных срезов). Мы хотели показать изменения афферентных нервных волокон кожи и внутренних органов при облучении, будут ли это концевые пуговки, претерминали или более крупные чувствительные нервные волокна, принципиально не имеет значения.

Сначала мы исследовали рецепторный аппарат внутренних органов и кожи у 10 здоровых контрольных животных, у которых брали кусочки из так называемых рецепторных (рефлексогенных) зон: из кожи уха и бедра, мочевого пузыря, пищевода, желудка, кишечника, предсердий, дуги аорты.

На всех изученных нами препаратах более или менее ясно видно, как тонкие, нежные мягкотные нервные волокна, входя в толщу гладких мышц или соединительную ткань внутреннего органа, или в эпителий кожи, делятся на мелкие веточки, разветвляющиеся в разных направлениях и имеющие вид нежных, тонких волоконцев. Затем нами исследовались чувствительные нервные волокна различных рецепторных зон внутренних органов и кожи у животных, облученных сантиметровыми волнами различной интенсивности.

Одновременно у тех же животных исследовались нервные клетки спинномозговых чувствительных узлов (шейные, грудные, поясничные, крестцовые), вегетативных узлов (солнечное сплетение, узлы нерва вагуса) и гипоталамической области.

Изучение чувствительных нервных волокон в рецепторных зонах животных, забитых сразу после однократного облучения импульсными 10-сантиметровыми волнами большой интенсивности от 40 до 100 мвт/см<sup>2</sup> по 15 минут, показало значительные изменения. Поскольку изменения нервных волокон различных рецепторных зон были принципиально однотипны как проявление неспецифической реакции организма и отличались только большей или меньшей степенью выраженности, мы позволим себе привести их описание суммарно. Прежде всего во всех исследуемых внутренних органах и коже обнаруживалось большее, чем у контрольных животных, количество нервных волоконцев, что объясняется, по-видимому, повышенной аргирофилией нервных волоконцев изучаемых рецепторных зон и лучшей их импрегнацией серебром. Повышенная аргирофилия афферентных нервных волоконцев свидетельствует о раздражении их. Часто встречались волокна резко аргирофильные, черные, набухшие, имеющие неравномерные вздутия, натёки аксоплазмы, и даже распад волоконцев на фрагменты (рис. 10, в и 11, а). Тонкие чувствительные нервные волокна во всех исследованных рецепторных зонах поражались в общем одинаково, но если сравнивать между собой изменения чувствительных нервных волоконцев внутренних органов и кожи, то следует отметить, что наиболее сильно были изменены чувствительные нервные волокна кожи, где поражение захватывало большее число нервных волоконцев, изменения были более выраженными и иногда встречался распад волоконцев на фрагменты.

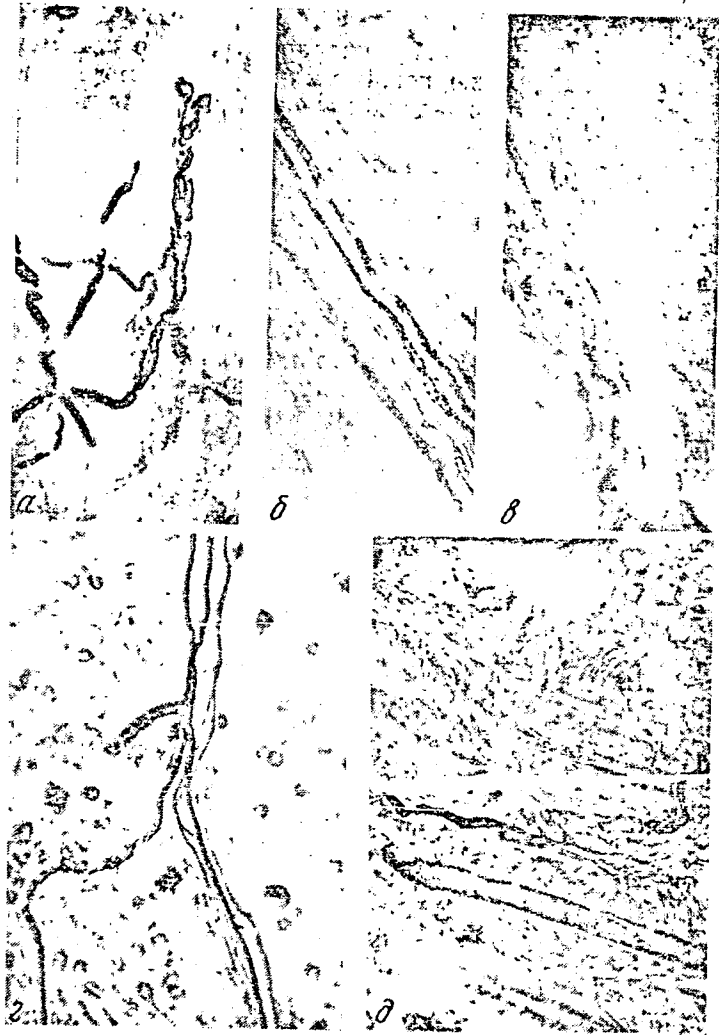


Рис. 10. Сравнительная характеристика изменений чувствительных первичных волокон рецепторных зон кожи при облучении в различных диапазонах волн большой интенсивности. Окраска по Бильшовскому — Грос.

*a* — утолщенные, с усиленной аргирофилией, распавшиеся на фрагменты микротонкие первичные волокна кожи при облучении волнами миллиметрового диапазона. Увеличение  $\times 400$ ; *b* — аксоны вязкотонких первичных волокон кожи (довольно крупных миелиновых стволов) резко аргирофильны, имеют неравномерные утолщения и вздутия, местами заметен их распад на фрагменты при облучении волнами миллиметрового диапазона. Увеличение  $\times 350$ ; *c* — резко выраженная аргирофилия, неравномерные утолщения, извитость первичных волокон кожи при облучении волнами сантиметрового диапазона. Увеличение  $\times 400$ ; *d* — нежная сеть тонких неизмененных волокон кожи при облучении волнами дециметрового диапазона. Увеличение то же; *e* — повышенная аргирофилия и неравномерные утолщения первичных волокон кожи при облучении в диапазоне КВ. Увеличение то же.

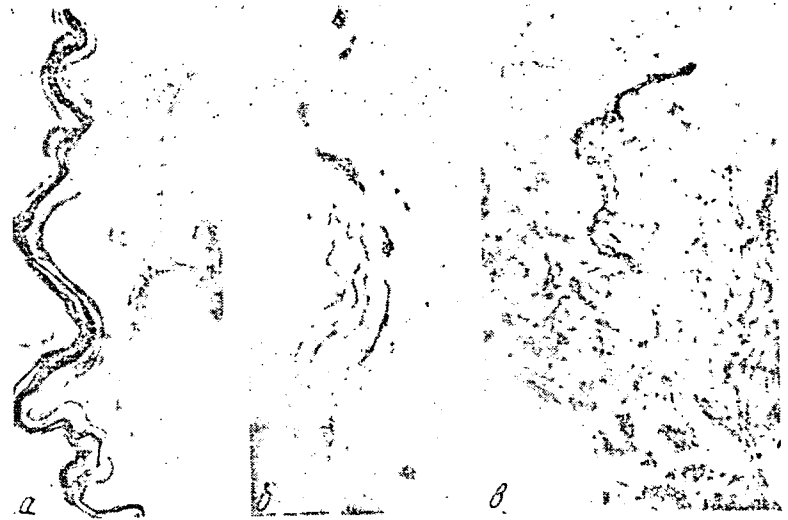


Рис. 11. Сравнительная характеристика изменений чувствительных первичных волокон внутренних органов при облучении в различных диапазонах волн большой интенсивности. Окраска по Бильшовскому — Грос.

*a* — резко выраженная аргирофилия с неравномерными утолщениями микротонкого первичного волокна миокарда предсердия при облучении волнами сантиметрового диапазона. Увеличение  $\times 400$ ; *b* — наряду с тонкими нежными волокнами видно резко аргирофильное, местами распавшееся на фрагменты первичное волокно мочевого пузыря при облучении волнами дециметрового диапазона. Увеличение  $\times 540$ ; *c* — резко выраженная аргирофилия, неравномерные утолщения чувствительных первичных волокон миокарда при облучении в диапазоне УКВ. Увеличение  $\times 400$ .

В нервных клетках чувствительных спинномозговых узлов обнаруживалось набухание протоплазмы с растворением тигроидного вещества в центре клетки и эктопией ядра. Можно было встретить клетки с набухшей протоплазмой и появлением мелких вакуолей в цит. Наблюдались явления кардиоцитолита с гибелью отдельных нейронов. Нервные клетки вегетативных узлов были мало изменены.

При всех интенсивностях облучения наиболее резко были поражены чувствительные мелкие волокна, т. е. претерминальные отделы рецепторного аппарата и более крупные афферентные волокна, что совпадает с данными Б. А. Долго-Сабурова, В. В. Куприянова, Б. Ю. Первушина, считающих претерминальные отделы афферентных волокон наиболее ранними.

Обнаруженные нами изменения чувствительных нервных волокон рецепторных зон внутренних органов и кожи при воздействии сантиметровых волн не являются специфическими. Подобные изменения найдены рядом авторов (Б. И. Лаврентьев, Е. К. Плечкова, Л. И. Фалин, Д. Н. Выропаев, Д. Ю. Гусейнов, З. Х. Рахматуллин, Г. И. Алексеев и др.) при различных заболеваниях и вредных воздействиях на организм.

Как уже упоминалось, при облучении сантиметровыми волнами большой интенсивности поражение чувствительных волокон кожи особенно резко выражено и дистрофические изменения в них доходят до распада отдельных нервных волокон на фрагменты. Это можно объяснить тем, что кожа является первым барьером на пути радиоволн и часть падающей на нее энергии поглощается ею.

Параллельно с изменениями нервных чувствительных волокон кожи при облучении сантиметровыми волнами изучались гистохимические изменения в коже. При помощи реакции Браше определялось содержание РНП в коже облученных животных. Полученные данные показали уменьшение содержания РНП в эпидермисе кожи и его дериватах, особенно в поверхностных слоях кожи (см. рис. 13, б).

При сравнении морфологических изменений, обнаруженных у животных при действии импульсных и непрерывных 10-сантиметровых волн, следует отметить более интенсивные изменения при действии импульсных волн.

При сравнении морфологических изменений, наблюдаемых при воздействии 10- и 3-сантиметровых волн большой интенсивности, следует отметить более выраженные морфологические изменения при действии 10-сантиметровых волн.

#### Морфологические изменения при действии миллиметровых волн большой интенсивности

Половина животных, подвергавшихся однократному воздействию миллиметровых волн с интенсивностью 100 мвт/см<sup>2</sup> на протяжении 180 минут, погибла спустя 3 часа после прекращения облучения при явлениях резко выраженного перегрева. Вторая половина была забита при выраженных явлениях перегрева. При вскрытии найдены резкое полнокровие и мелкие кровозлияния

в мозге и внутренних органах. Трупное окоченение резко выражено.

При гистологическом исследовании органов животных обнаружены выраженные сосудистые расстройства, связанные, по-видимому, с явлениями перегрева, заключающиеся в резком полнокровии внутренних органов и мозга, значительном периваскулярном отеке, множественных мелких кровозлияниях в мозге, миокарде, печени, почках, слизистой и подслизистой оболочках кишечника, поджелудочной железе, под капсулой и в строме семенника (см. рис. 5, а), в просвете альвеол. Кроме того, найдены острое набухание с появлением единичных вакуолей в нервных клетках гипоталамической области (см. рис. 7, а), отек олигодендроглии с образованием «дренажных» форм (см. рис. 6, а), неравномерное окрашивание и гомогенизация мышечных волокон миокарда (см. рис. 8, а), отек стромы семенника, некроз и гомогенизация единичных его трубочек, особенно трубочек, расположенных под капсулой (см. рис. 9, а), набухание эпидермиса кожи, отек, полнокровие дермы.

При гистохимическом исследовании выявлено уменьшение содержания рибонуклеопротеидов (РНП) в клетках многих внутренних органов и нервной системы. Но более отчетливо эти изменения выражены в тех органах, которые в норме содержат много РНК в протоплазме клеток. К ним относятся: нервные клетки, железистый эпителий желудочно-кишечного тракта и поджелудочной железы, эпителий бронхов и трахей, клетки вторичных фолликулов, селезенки, эндотелий капилляров, эпидермиса желудка, эпидермиса кожи и его дериваты. Изменения содержания РНП проявляются по-разному: от незначительного побледнения протоплазмы до полного просветления ее. Особенно сильно поражены клетки эпидермиса кожи и его дериватов (рис. 13, а).

Содержание дезоксирибонуклеопротеидов (ДНП) более устойчиво во внутренних органах. Отмечаются лишь незначительные изменения содержания ДНП в ядрах клеток тех тканей, в которых обнаружена зернистая (белковая) дистрофия (клетки печени, эпителий извитых канальцев почки, семяродный эпителий семенников), в нервных клетках гипоталамической области при явлениях карноцитоллиза.

Следует подчеркнуть особенное изменение в содержании РНК в клетках эпидермиса и его дериватах в коже,

причем изменение в дериватах эпидермиса стихает по направлению к глубоким слоям кожи.

Обнаружены очень резкие изменения чувствительных нервных волокон рецепторных зон кожи, которые заключаются в выраженной аргирофилии и появлении четок и натеков аксоплазмы. Изменения выражены очень резко, вплоть до распада нервных волокон на фрагменты (см. рис. 10, а). Повышенная аргирофилия и неравномерные утолщения обнаружены даже в волокнах крупных миелиновых стволов дермы (см. рис. 10, б). Значительно менее изменены нервные волокна рецепторных зон внутренних органов (миокард, аорта, пищевод, кишка, желудок), где найдены явления раздражения. При большей продолжительности жизни обнаруживается зернистая (белковая) дистрофия эпителия некоторых извитых канальцев почки и печеночных клеток, в отдельных случаях мелкокапельная жировая дистрофия печеночных клеток и эпителия единичных извитых канальцев почки.

Животные, подвергавшиеся однократному воздействию миллиметровых волн с интенсивностью  $140 \text{ мвт/см}^2$  на протяжении 15 минут, не погибали. Наблюдались явления перегрева, но менее выраженные, чем в предыдущей группе. Во всех внутренних органах, коже и нервной системе при гистологическом исследовании найдены не такие резкие сосудистые расстройства, как в предыдущей группе, но все же довольно выраженные. В мозге обнаружено острое набухание нервных клеток, особенно гипоталамической области, с появлением в протоплазме единичных вакуолей, изредка явления кардиоцитоза. Отмечены неравномерная окрашиваемость и гомогенизация мышечных волокон миокарда, отек стромы и гомогенизация единичных трубочек семенников (некробиоз), в них же кровоизлияния под капсулой, явления нерезко выраженной зернистой (белковой) дистрофии клеток печени и зернистой (белковой) дистрофии эпителия извитых канальцев почек, небольшое утолщение альвеолярных перегородок за счет полнокровия и отека. При интенсивности  $40 \text{ мвт/см}^2$  также отмечали довольно резкие изменения чувствительных нервных волокон рецепторных зон кожи. Волокна резко аргирофильны, содержат неравномерные утолщения и наплывы аксоплазмы. Чувствительные волокна внутренних органов мало изменены. В нервных клетках чувствительных спинномозговых узлов, как в случае облучения 10-сантиметровыми



Рис. 12. Набухание протоплазмы с растворением тигроидного вещества и эктопией ядра в одних клетках, в других клетках — явления кардиоцитоза с гибелью нейронов в спинномозговом узле при облучении в миллиметровом диапазоне волн большой интенсивности. Окраска по Ниссли, увеличение  $\times 360$ .

волнами при интенсивности  $100 \text{ мвт/см}^2$ , встречалось набухание протоплазмы отдельных нейронов с растворением тигроидного вещества в центре клетки и эктопией ядра. Можно было видеть явления кардиоцитоза с гибелью отдельных нейронов (рис. 12). Поскольку миллиметровые волны поглощаются кожей, то изменения в нервных клетках спинномозговых узлов можно связать только с рефлекторными механизмами.

При гистохимических исследованиях отмечается уменьшение содержания РНП, особенно в клетках эпидермиса кожи и его дериватов. Уменьшение содержания РНП во внутренних органах значительно менее выражено.

Содержание ДНП в ядрах клеток внутренних органов сохранено, но в ядрах клеток эпидермиса значительно уменьшено. Уменьшение содержания ДНП также отмечено в очагах зернистой дистрофии в клетках печени и эпителии извитых канальцев почек и в нервных клетках гипоталамической области с явлениями кардиоцитоза.

#### Морфологические изменения при действии дециметровых волн большой интенсивности

Животные подвергались воздействию дециметровых волн с интенсивностью  $100 \text{ мвт/см}^2$  в течение 60 минут; 50% животных погибли с явлениями перегрева.



Рис. 13. Сравнительная характеристика гистохимических изменений кожи (содержание РНП) при облучении в различных диапазонах волн большой интенсивности. Реакция Браше.

а — резкое уменьшение содержания РНП в эпидермисе и его дериватах в верхних слоях кожи с сохранением РНП в дериватах эпидермиса глубоких слоев кожи при облучении волнами миллиметрового диапазона. Увеличение  $\times 150$ ; б — уменьшение содержания РНП в эпидермисе и его дериватах в верхних слоях кожи с сохранением РНП в дериватах эпидермиса в глубоких слоях кожи при облучении волнами сантиметрового диапазона. Увеличение  $\times 250$ ;

При макроскопическом исследовании у всех животных бросаются в глаза выраженные явления перегрева в виде сосудистых расстройств (резчайшее полнокровие внутренних органов и мозга) и выраженное трупное окоченение. Микроскопически обнаружены явления периваскулярного отека и множественные мелкие кровоизлияния в мозге (см. рис. 5, в), а также в печени, легких, миокарде, строме семенников (см. рис. 9, в).

На фоне сосудистых расстройств отмечается острое набухание нервных клеток мозга с появлением отдельных крупных вакуолей в нервных клетках гипоталамической области (см. рис. 7, в), отек олигодендроглии (см. рис. 6, г), набухание, гомогенизация и неравномерное окрашивание, а иногда мелкоканальчатая жировая дистрофия мышечных волокон миокарда (см. рис. 8, г). Отмечена небольшая зернистая дистрофия клеток печени и эпителии извитых канальцев почки.

Очень резко выражены изменения чувствительных нервных волокон различных рецепторных зон внутренних органов (миокард, аорта, пищевод, кишка, желудок, мочевой пузырь и др.). Изменения заключаются в резко выражён-



Рис. 13. Сравнительная характеристика гистохимических изменений кожи (содержание РНП) при облучении в различных диапазонах волн большой интенсивности. Реакция Браше.

в — нормальное содержание РНП в эпидермисе кожи и его дериватах при облучении волнами дециметрового диапазона. Увеличение  $\times 200$ .

но-кишечного тракта, поджелудочная железа, эпителий бронхов). В коже содержание РНП не уменьшалось (рис. 13, в).

В семенниках обнаружены большие сосудистые расстройства в виде отека стромы, мелких кровоизлияний под капсулой и в строме яичника.

\* \* \*

При сравнении морфологических изменений, обнаруживаемых у животных при действии всех диапазонов микроволн больших интенсивностей, следует отметить, что эти изменения носят однонаправленный характер, т. е. связаны в основном с тепловым воздействием.

Большие интенсивности облучения различных диапазонов микроволн вызывают гибель животных при клинических явлениях резкого перегревания. Морфологические изменения в тканях и органах облученных животных характеризуются резкими сосудистыми расстройствами,

ной аргирофилии нервных волоконцев, извитости, появлении четок и патеков аксоплазмы, иногда распаде на фрагменты отдельных нервных волокон. Однако поражения чувствительных нервных волокон кожи не отмечено. Они тонкие, нежные, не содержат утолщений и наплывов аксоплазмы (см. рис. 10, г).

При гистохимических исследованиях обнаружено уменьшение содержания рибонуклеопротеидов (РНП) в протоплазме клеток внутренних органов и нервной системы, более отчетливо выраженное в органах, в норме особенно богатых РНП (нервные клетки, железистый эпителий желудоч-

острым набуханием и вакуолизацией протоплазмы нервных клеток различных отделов мозга, неравномерным окрашиванием, гомогенизацией и жировой дистрофией волокон миокарда. Однако, несмотря на то что тепловой эффект затушевывает более тонкие сдвиги, приписать все изменения одному тепловому воздействию нельзя. Имеют место и особенности действия микроволн. Например, несмотря на большие интенсивности при облучении волнами дециметрового диапазона, чувствительные нервные волокна кожи не изменяются. В то же время они резко изменяются при действии сантиметрового и особенно миллиметрового диапазона. Это различие можно объяснить тем, что миллиметровые волны поглощаются кожей и основное их действие сказывается на коже и ее нервных чувствительных волокнах (все же остальные изменения во внутренних органах носят, по-видимому, рефлекторный характер). Это подтверждается также резко выраженными изменениями нервных клеток межпозвоночных чувствительных нервных узлов, где в клетках обнаружены явления раздражения (набухание, центральный тигролиз протоплазмы и эктопия ядер). Несмотря на то что при действии различных диапазонов МКВ больших интенсивностей как бы стирается разница в морфологической картине, следует отметить наиболее выраженное действие 10-сантиметровых волн, при котором легальный исход наступает быстрее, картина перегрева более резко выражена и сосудистые расстройства более обширные. На втором месте стоят дециметровые волны и на третьем — миллиметровый диапазон.

Степень выраженности биологического действия микроволн определяется интенсивностью, длительностью воздействия и диапазоном волн.

Не останавливаясь подробно на биологическом эффекте, вызываемом облучением большой интенсивности (сотни милливольт на квадратный сантиметр), отметим лишь, что такие интенсивности приводят к резкому перегреванию организма, а при определенной экспозиции — к летальному исходу. При этом морфологические изменения в тканях и органах животных характеризуются резкими сосудистыми расстройствами, на фоне которых дистрофические изменения в нервной системе и внутренних органах менее значительны, что, по-видимому, объясняется быстро наступающим смертельным исходом. Не наблюдается пролиферативная реакция микроглии

в мозге и ретикуло-эндотелиальных элементов во внутренних органах, по-видимому, эта защитно-приспособительная реакция угнетается воздействием микроволн большой интенсивности.

Такая картина характерна для всего диапазона микроволн и обусловлена резким тепловым эффектом.

Более низким тепловым порогом обладают миллиметровые волны, которые, поглощаясь полностью в коже, действуют на ее чувствительные нервные волокна, раздражая их и вызывая интенсивный поток импульсов по афферентным волокнам до спинномозговых узлов и выше в головной мозг. Однако при значительной интенсивности облучения ( $40 \text{ мвт/см}^2$ ) динамика температурной реакции позволяет убедиться в том, что интегральный тепловой эффект более выражен при облучении сантиметровыми волнами. Последние, поглощаясь только частично в коже и проникая глубже, вызывают большую температурную реакцию на облучение значительной интенсивности, очевидно, за счет и непосредственного действия на ткани и терморегуляционные центры.

Что касается дециметровых волн, то они практически совсем не поглощаются в коже и, проникая в глубь тела, вызывают тепловой эффект при значительных ППМ.

## Глава 2

### МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ У ЖИВОТНЫХ ПРИ ДЕЙСТВИИ УКВ БОЛЬШОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ (69,7, 155 и 191 МГц)

При однократном воздействии УКВ (69,7 МГц, интенсивностью 5000 и 2000 в/м) смерть животных наступала при выраженных явлениях перегрева. При вскрытии обнаружены резкое полнокровие, мелкие кровоизлияния в мозге, внутренних органах и выраженное трупное окоченение. При микроскопическом исследовании обнаружены выраженные сосудистые расстройства в мозге и внутренних органах, заключающиеся в резком полнокровии, периваскулярном отеке в легких, мозге, печени, отеке стромы миокарда, а также отеке стромы семенников и множественных периваскулярных кровоизлияниях в мозге, легких, печени, почках, миокарде и семенниках. Вследствие быстрого смертельного исхода (через 5 ми-

нут) при облучении интенсивностью 5000 в/м дистрофические изменения во внутренних органах еще не успели развиться и были незначительны. В нервных клетках различных отделов мозга наблюдалось острое набухание протоплазмы.

При облучении УКВ интенсивностью 2000 в/м с большей продолжительностью жизни (до 3 часов) на фоне описанных выше сосудистых расстройств дистрофические изменения в нервных клетках мозга и внутренних органах несколько отчетливее выражены в виде набухания и вакуолизации протоплазмы нервных клеток таламического гипоталамической области. В чувствительных нервных волокнах кожи и чувствительных волокнах миокарда, кишечника, мочевого пузыря, пищевода и др. отмечены резко выраженная аргирофилия, неравномерные набухания и натски аксоплазмы (см. рис. 11, в).

Найдены гомогенизация, неравномерная окрашиваемость мышечных волокон миокарда и набухание их (с отеком стромы), зернистая (белковая), а иногда жировая дистрофия печеночных клеток и эпителия извитых канальцев.

При облучении животных УКВ диапазоном 155 Мгц с интенсивностью 1000 в/м и 191 Мгц с интенсивностью 700 и 350 в/м смерть наступала через 17—200 минут (в зависимости от интенсивности облучения) с выраженными явлениями перегрева. Обнаружены явления, подобные описанным выше, но более интенсивно выраженные.

Таким образом, при воздействии больших интенсивностей УКВ (5000, 2000 и 1000 в/м) в диапазоне 69,7, 155 и 191 Мгц быстро наступает смертельный исход; при явлениях выраженного перегрева у животных наблюдаются резкие сосудистые расстройства (полнокровие, периваскулярный отек и множественные кровоизлияния). На фоне сосудистых расстройств наблюдаются резко выраженные дистрофические изменения в нервных клетках мозга, мышечных волокнах миокарда и других паренхиматозных органах.

При большей продолжительности жизни (до 3 часов) на фоне сосудистых расстройств в нервной системе и внутренних органах, подобных описанным выше, отмечаются более отчетливые дистрофические изменения в нервных клетках, хорошо выражены явления раздражения чувствительных нервных волокон кожи и внутрен-

них органов. Найдены явления дистрофии в мышечных волокнах миокарда, семяродном эпителии семенников, клетках печени, эпителии извитых канальцев почки.

### Глава 3

#### МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ У ЖИВОТНЫХ ПРИ ДЕЙСТВИИ КВ И СРЕДНИХ ВОЛН БОЛЬШОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

**Группа 1.** При однократном облучении КВ большой интенсивности (9000 и 5000 в/м) смерть животных наступала при явлениях выраженного перегрева через 10—1000 минут. При вскрытии обнаружены полнокровие мозга и мягких мозговых оболочек, мелкие кровоизлияния в мозге и оболочках мозга и серозных оболочках. Резко выражено трупное окоченение.

При микроскопическом исследовании отмечались значительные сосудистые расстройства в мозге и всех внутренних органах в виде полнокровия, стазов, периваскулярного отека, множественных периваскулярных, мелких и более крупных кровоизлияний в мозге, почках, печени, легких; в последних имели место кровоизлияния в просвет альвеол (см. рис. 5, з).

При быстром наступлении смерти дистрофические изменения в нервных клетках и внутренних органах незначительны. При большей продолжительности жизни на фоне выраженных сосудистых расстройств наблюдалось острое набухание нервных клеток различных отделов мозга с вакуолизацией протоплазмы в нейронах гипоталамуса (см. рис. 7, з).

Наряду с этим обнаружены резко выраженная аргирофилия и неравномерные набухания в чувствительных нервных волокнах внутренних органов и кожи различных рецепторных зон (см. рис. 10, д). Кроме того, найдены гомогенизация и неравномерная окрашиваемость мышечных волокон миокарда. Отмечена зернистая (иногда и жировая) дистрофия отдельных групп печеночных клеток и эпителия извитых канальцев почек.

Следовательно, при облучении КВ большой интенсивности (9000 и 5000 в/м) со смертельным исходом в период от 10 до 100 минут и выраженными явлениями перегрева морфологически в нервной системе и внутренних

органах обнаруживаются острые резко выраженные сосудистые расстройства и нерезкие дистрофические изменения в нервных клетках, мышечных волокнах миокарда и других внутренних органах. Имеют место выраженные явления раздражения чувствительных нервов кожи и чувствительных волоконцев внутренних органов.

При облучении большими интенсивностями КВ и УКВ стираются различия в морфологической картине при действии обоих диапазонов. Везде превалируют сосудистые расстройства и нерезкие дистрофические изменения с раздражением чувствительных нервных волокон различных рецепторных зон кожи и внутренних органов.

Однако создается впечатление, что изменения более отчетливо выражены и ранее наступают при облучении УКВ. Это совпадает с клиническими данными о более раннем смертельном исходе при облучении УКВ.

**Группа 2.** Облучение средними волнами интенсивностью 8000 в/м. Что касается среднего диапазона радиоволн, то нам не представлялось возможным получить интенсивности (даже при длительных повторных облучениях), которые могли бы вызвать перегревание организма со смертельным исходом, так как использованные нами напряженности поля до 8000 в/м являлись лишь порогом теплового эффекта. Поэтому воздействие данного диапазона волн будет обсуждаться в разделе, посвященном хроническому действию малых интенсивностей, не вызывающих теплового эффекта.

#### Глава 4

##### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНОВ РАДИОВОЛН БОЛЬШОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Представляло интерес сопоставить морфологические изменения в различных диапазонах МКВ, УКВ, КВ и средних волн.

В первой серии морфологическим исследованиям подвергались органы и ткани животных (305), облученных в разных диапазонах электромагнитных волн радиочастот большой интенсивности: а) микроволнами с интен-

сивностью от 40 до 100 мвт/см<sup>2</sup>, б) УКВ с интенсивностью 5000 и 2000 в/м; в) КВ с интенсивностью 9000 и 5000 в/м. Во всех группах животные погибали с выраженными явлениями перегрева. При вскрытии прежде всего обнаруживается резко выраженное трупное окоченение. Ректальная температура трупа, как правило, резко повышена, достигая 40—44°. Слизистая оболочка носа синюшна, кожа лапок, ушей и хвоста резко гиперемирована. Отмечаются резкое полнокровие мозга и мягких мозговых оболочек, а также мелкие точечные кровоизлияния под серозной оболочкой кишечника, плеврой, перикардом, в слизистой оболочке желудка, мягких мозговых оболочках и ткани мозга. Ткань мозга полнокровна и отечна. Мышца сердца, как правило, плотновата, полнокровна. Печень резко полнокровна, иногда с желтушным оттенком. Селезенка резко полнокровна, с поверхности разреза стекает жидкая темная кровь. Почка полнокровна, дрябловата, капсула снимается легко.

При микроскопическом исследовании в нервной системе и во всех внутренних органах наблюдались значительные сосудистые расстройства, заключающиеся в резком полнокровии, выраженном периваскулярном отеке и множественных мелких кровоизлияниях в строме семенников, мозге, миокарде, легких, печени, почке и стенке кишечника (см. рис. 5, а, б, в, г). В мозге отмечено резкое полнокровие и отек как мозговой ткани, так и мягких мозговых оболочек; найдены явления стаза, периваскулярный и перичеллюлярный отек. Одновременно обнаружены изменения олигодендроглии в виде ее отека с образованием так называемых дренажных клеток (по П. Е. Снесареву), что соответствует острым сосудистым расстройствам, сопровождающимся отеком мозговой ткани и нарушением водно-солевого обмена (см. рис. 6, а, б, в, г).

На первом месте стоит поражение центральной нервной системы. При скраске по Нисслию и гистохимической реакции на рибонуклеопротенды найдены изменения в нервных клетках различных отделов мозга, наиболее выраженные в гипоталамической области и заключающиеся в остром набухании протоплазмы нервных клеток с растворением тигроидного вещества и значительным уменьшением содержания рибонуклеопротендов. В случаях с большей продолжительностью жизни в протоплазме набухших нервных клеток отмечено появление мелких



вакуолей, содержание которых не давало положительной реакции на жир (см. рис. 7, а, б, в, г).

Подобные же изменения (сосудистые расстройства и дистрофические изменения нервных клеток) происходили в спинном мозге и чувствительных спинномозговых узлах и значительно менее были выражены в вегетативных нервных узлах.

На втором месте после поражения центральной нервной системы стоит поражение мышцы сердца. При микроскопическом исследовании мышцы сердца наблюдается неравномерная окрашиваемость мышечных волокон миокарда: одни волокна окрашиваются очень интенсивно, миелинизируются, теряют поперечную исчерченность, другие, наоборот, с хорошо выраженной исчерченностью. Иногда имеет место мелкокапельная жировая дистрофия отдельных мышечных волокон (см. рис. 8, а, б, в, г). На третьем месте стоит поражение семенников. В семенниках резко выражены полнокровие и отек межтубочной ткани. В отдельных тубочках семенников, чаще расположенных под капсулой, отмечаются дистрофия семяродного эпителия, а иногда и некроз тубочек или выпот белковых масс в просвет отдельных тубочек (см. рис. 9, а, б, в, г).

В легочной ткани резко выражены полнокровие и явления периваскулярного отека, местами мелкие периваскулярные кровоизлияния и кровоизлияния в просвет альвеол (см. рис. 5, г). Иногда обнаруживается очаговый отек альвеол. Наряду с этим имеет место очаговая эмфизема. Ткань печени резко полнокровна, иногда отекает; при этом отмечаются дисконфлексия печеночных балок и расширение пространств Диссе. Печеночные клетки набухшие с бледно окрашенными ядрами и зернистой протоплазмой. Наряду с такими клетками встречаются клетки с интенсивно окрашенной протоплазмой. В почках на фоне резкого полнокровия и явлений периваскулярного отека с мелкими периваскулярными кровоизлияниями слабо выражены явления зернистой (белковой) дистрофии эпителия извитых канальцев. В селезенке резко выражено полнокровие со стертостью рисунка фолликулов.

Необходимо подчеркнуть, что при однократном облучении радиоволнами большой интенсивности не наблюдается пролиферативная реакция микроглии в мозге и ретикуло-эндотелиальных элементов в печени. По-видимо-

му, эта защитно-приспособительная реакция угнетается воздействием радиоволн большой интенсивности.

При облучении большими интенсивностями как бы сглаживаются различия в морфологической картине при воздействии различных диапазонов волн. Преобладают резко выраженные сосудистые расстройства в нервной системе и внутренних органах.

На фоне выраженных сосудистых расстройств дистрофические изменения в нервной системе и внутренних органах не очень резко выражены. Это, по-видимому, объясняется тем, что они не успели развиваться вследствие быстрого наступления смертельного исхода и обычными морфологическими методами слабо улавливались. Однако все же можно обнаружить некоторые морфологические особенности, характерные для определенного диапазона волн. Например, при действии миллиметрового и сантиметрового диапазонов чаще встречается некроз отдельных тубочек семенников, расположенных под капсулой (см. рис. 9, а, б), а при действии дециметрового и УКВ диапазона поражение семенников более равномерно и преобладают сосудистые расстройства в их ткани (см. рис. 9, в, г).

Тонкие гистологические методы исследования (элективных окрасок нервной ткани и исследования рецепторов), а также гистохимические методы исследования позволяют выявить более выраженные изменения в нервной системе и внутренних органах. Чувствительные нервные волокна различных рецепторных зон (кожа уха и бедра, миокард, аорта, пищевод, кишка, желудок, мочевой пузырь) имеют явные признаки раздражения в виде резко выраженной аргирофилии, неравномерных утолщений и натексов аксоплазмы вплоть до распада волокон на фрагменты (см. рис. 10, а, б, в, г, д).

В поражении чувствительных нервных волокон различных рецепторных зон также ясно проявляются характерные особенности для различных диапазонов волн. При действии сантиметрового и особенно миллиметрового диапазона наиболее резкие изменения происходят в чувствительных нервных волокнах кожи (см. рис. 10, а, б, в), в то время как при действии дециметрового диапазона чувствительные нервные волокна кожи не изменены (см. рис. 10, г), но зато чувствительные нервные волокна внутренних органов наиболее резко поражаются при действии дециметровых волн (см. рис. 11, б).

Одновременно с чувствительными нервными волокнами различных рецепторных зон кожи и внутренних органов изучались изменения в спинномозговых чувствительных узлах, в которых отмечались изменения нервных клеток в виде центрального тигролиза протоплазмы и эктопии ядер. Иногда обнаруживались и явления карноцитоллиза с гибелью отдельных нейронов (при сантиметровом, дециметровом и УКВ диапазонах). Найдены изменения в нейронах спинномозговых чувствительных узлов при облучении миллиметровым диапазоном (см. рис. 12). Поскольку миллиметровый диапазон затухает в коже, изменение нейронов спинномозговых узлов свидетельствует о рефлекторном поражении нейронов спинномозговых узлов.

Гистохимическое исследование показывает уменьшение рибонуклеопротеидов в протоплазме клеток многих внутренних органов и нервной системы. Содержание дезоксирибонуклеопротеидов более устойчиво.

Следует отметить более выраженные гистохимические изменения в коже (уменьшение количества рибонуклеопротеидов в эпидермисе и его дериватах), особенно при действии миллиметрового и сантиметрового диапазонов, что не отмечается в дециметровом диапазоне (см. рис. 13, а, б, в).

При сравнении морфологических изменений, обнаруженных у животных при действии больших интенсивностей всего диапазона радиоволн, необходимо еще раз повторить, что при больших интенсивностях облучения морфологические изменения носят в основном однотипный характер и связаны главным образом с тепловым воздействием.

Однако можно отметить некоторые характерные различия при действии различных диапазонов, что можно объяснить не явлениями перегревания, а характерным действием радиоволн. Например, при действии миллиметрового диапазона особенно сильно поражаются чувствительные нервные волокна кожи и в ней имеют место резко выраженные гистохимические изменения, в то время как при действии дециметровых волн кожа почти не поражается. Поражается кожа и при действии УКВ и КВ диапазонов.

При действии дециметрового диапазона наиболее резко выражены изменения чувствительных нервных волокон внутренних органов.

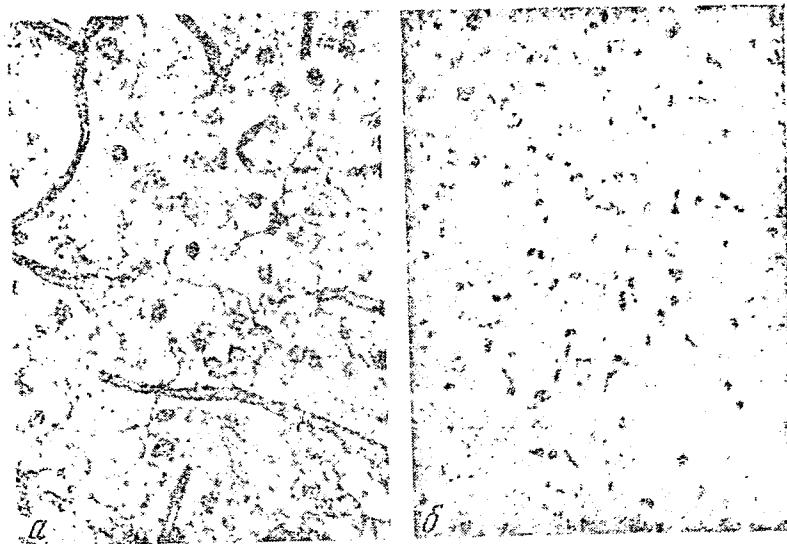


Рис. 14. Пroliferативные изменения микроглии в мозге и ретикуло-эндотелиальных элементов в печени при облучении волнами большой интенсивности.

а — размножение микроглии вокруг сосудов мозга при повторном облучении сантиметровыми волнами. Окраска по Мийагава — Александровской, увеличение  $\times 300$ ; б — размножение ретикуло-эндотелиальных элементов в печени при повторном облучении сантиметровыми волнами большой интенсивности. Окраска гематоксилин-эозином, увеличение то же.

Мы подвергали также повторному кратковременному воздействию (по 5 минут) большой интенсивности ( $40 \text{ мвт/см}^2$ ) группу животных, которых облучали на протяжении 75 сеансов при диапазоне 10 см.

Первые облучения животные переносили тяжело. Резко повышалась температура тела, отмечалось покраснение лапок и ушей, и животные принимали боковое положение. Через 2—3 часа все явления стихали. При последующих облучениях животные чувствовали себя лучше. У животных, забитых после 75 облучений (тотчас же после последнего облучения), обнаружены сосудистые расстройства, нерезко выраженные по сравнению с группами животных, подвергнутых смертельному облучению. Трупное окоченение тоже не столь резко выражено. Однако при микроскопическом исследовании отмечаются полнокровие и отек мозга, легких, межуточной

ткани миокарда, почек, печени. На фоне сосудистых расстройств хорошо видны дистрофические изменения, наиболее выраженные в первой системе, миокарде и семенниках. Они заключаются в сморщивании нервных клеток коры головного мозга, а также в остром набухании протоплазмы нервных клеток таламо-гипоталамической области с растворением тигроидного вещества и появлением в ней вакуолей. Значительно изменены чувствительные нервные волокна кожи и внутренних органов в виде резко выраженной аргирофилии, четковидных неравномерных утолщений вплоть до распада на фрагменты отдельных волокон. У данной группы животных в отличие от группы, получившей острое смертельное облучение, отмечалась пролиферативная реакция микроглии в мозге и ретикуло-эндотелиальных элементах печени (см. рис. 14, а, б). Это является показателем защитно-приспособительных процессов.

На фоне сосудистых расстройств отмечается изменение мышечных волокон миокарда, в которых ясно видна неравномерная окрашиваемость. Одни волокна темные, гомогенные, набухшие, потерявшие поперечную исчерченность, другие бледные, тонкие. У отдельных волокон отмечен глыбчатый распад и мелкокапельная жировая дистрофия.

Значительные изменения обнаруживаются в семенниках. В отдельных трубочках последних имеют место дистрофические изменения семяродного эпителия с десквамацией семяродного эпителия в просвет трубочек, изредка с некрозом отдельных трубочек. Однако наряду с изменениями в единичных трубочках семенников в основной массе трубочек хорошо выражены явления сперматогенеза. Наши данные в отношении поражения семенников при повторном облучении электромагнитными волнами радиочастот не совсем совпадают с данными некоторых зарубежных исследователей (Imig, Guhl и др.), указывающих на понижение сперматогенеза у облученных животных.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При сравнении морфологических изменений, возникших не только при воздействии микроволн различных диапазонов, но и более длинных радиоволн (ультракороткие,

короткие и средние), можно сказать, что при остром воздействии больших интенсивностей любого диапазона радиоволн в связи с быстрым смертельным исходом и преобладанием резко выраженных сосудистых расстройств как бы стираются различия в морфологических изменениях в органах и тканях облученных животных. Однако при сравнении воздействия различных диапазонов волн большей интенсивности все же следует отметить, что наиболее резко проявляется действие дециметровых волн: картина перегревания организма носит особенно выраженный характер и смерть наступает в более ранние сроки. На втором месте стоит дециметровый диапазон, на третьем — наиболее короткая часть УКВ и КВ. Затем идет миллиметровый диапазон. На самом последнем месте стоят средние волны, которые даже при сравнительно больших интенсивностях не могли вызвать перегревание организма и смерть животных. Обнаруженные у животных изменения в основном связаны с явлениями перегревания. Однако, несмотря на то что тепловой эффект затушевывает более тонкие сдвиги, приписать все изменения, найденные при воздействии больших интенсивностей, только тепловому эффекту нельзя.

Отдельные изменения (изменения чувствительных нервных волокон кожи и внутренних органов, гистохимические изменения в коже) свидетельствуют и о различии действия радиоволн разных диапазонов большой интенсивности. Например, при действии дециметрового диапазона чувствительные нервные волокна кожи не изменяются, но более резко поражаются чувствительные нервные волокна внутренних органов, в то время как при воздействии миллиметрового диапазона особенно сильно поражаются чувствительные нервные волокна кожи при незначительных изменениях в чувствительных нервных волокнах внутренних органов. При воздействии диапазона УКВ и КВ и сантиметровых волн чувствительные нервные волокна кожи и внутренних органов поражаются примерно одинаково.

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ  
ИЗМЕНЕНИЯ У ЖИВОТНЫХ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ  
ПОВТОРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ  
ДИАПАЗОНОВ РАДИОВОЛН  
МАЛОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ**

В предыдущем разделе были показаны главным образом термическое действие электромагнитных волн радиочастот и характерные особенности, вызываемые облучением различными диапазонами волн большой интенсивности. Однако как в промышленности при высокочастотной термической обработке металлов и диэлектриков, так и в радиосвязи (радиовещание и телевидение), радиолокации и т. д., несмотря на большие выходные мощности источников излучения, работающие с ними, как правило, могут подвергаться облучению при интенсивностях, не вызывающих термического эффекта.

Во избежание различных толкований отметим, что под термическим и нетермическим эффектами мы подразумеваем наличие или отсутствие интегрального теплового эффекта, который определяется по температурной реакции человека или животного.

Как нам удалось показать в 1957 г. для диапазона сантиметровых волн, а затем и для других диапазонов, интенсивности облучения, не вызывающие термического эффекта, далеко не безразличны для живого организма.

Хроническое воздействие малых интенсивностей часто приводит к функциональным сдвигам различной степени выраженности. Такой вывод нам помогли сделать многолетние экспериментальные исследования ряда интегральных показателей (выносливость животных, динамика веса, температурная реакция и др.) и реакции систем, которые оказались чувствительными к воздействию энергии радиочастот. Это функциональный сдвиг в нервной и сердечно-сосудистой системах, обменных процессах, морфологические изменения.

Исследованные функции и характер наблюдаемых сдвигов

Исследованные функции	Характер изменений
Интегральные показатели	Снижается
Выносливость	
Вес	Снижается
Центральная нервная система	Ослабление процесса возбуждения и парастание запредельного торможения в центральной нервной системе
Условнорефлекторная деятельность	
Сильный звуковой раздражитель на модели крыс, особо чувствительных к звонку	Понижение возбудимости и ослабление основных нервных процессов
Электроэнцефалографии	Снижение биоэлектрической активности, а в ряде случаев появление эпилептоидной готовности при сенсорной провокации
Холинэргические процессы	Понижение активности в центральной нервной системе
Холинэстераза	
Ацетилхолин	Увеличение содержания в центральной нервной системе
N-холинорецепторы	Понижение возбудимости
SH-группы	Понижение содержания в стволе мозга
Биохимические сдвиги	Снижение содержания глобулиновых фракций в сыворотке крови
Белки и белковые фракции	
Остаточный азот	Снижение содержания в крови
Аминокислоты	Снижение содержания в моче
РНК	Снижение содержания в селезенке, печени, мозге
Аскорбиновая кислота	Снижение содержания в стволе мозга и повышение в надпочечниках и селезенке

Продолжение

Исследованные функции	Характер изменений
Гистамин	Повышение содержания в крови, волнообразный характер изменений
Сосудистый тонус	Гипотензивный эффект
Периферическая кровь	Тенденция к лейкопении, изменение в белом ростке (снижение сегментоядерных нейтрофилов)
Половая функция Функция яичников	Нарушение течения эстрального цикла
Плодовитость	Снижение у облученных самок, тенденция к перенашиванию, мертворождение
Потомство	Отставание в развитии, высокая постнатальная гибель
Глаза	Ангиопатия сетчатки, катаракта

Биологическое действие различных диапазонов электромагнитных волн радиочастот имеет в общем одинаковую направленность.

В табл. 2 представлены исследованные функции и характер сдвигов, которые мы наблюдали в хроническом эксперименте на животных (А. Н. Березницкая, З. В. Гордон, И. Н. Зепина, И. А. Кицовская, Е. А. Лобанова, С. В. Никогосян, М. С. Толгская, П. П. Фукалова).

Однако существуют и некоторые особенности биологических эффектов для отдельных диапазонов волн. Эти особенности определяются различной степенью выраженности, временем появления, характером течения и реакции организма на действие отдельных диапазонов волн. Приведем прежде всего некоторые интегральные показатели, характеризующие реакцию организма на действие различных диапазонов волн радиочастот нетермогенной интенсивности.

Установлено (З. В. Гордон, Е. А. Лобанова, К. В. Никонова, П. П. Фукалова), что для различных диапазонов волн пороги термического эффекта неодинаковы.

В табл. 3 приведены максимальные величины интенсивности облучения, не вызывающие теплового эффекта. В связи с тем что единицы измерения интенсивности облучения для разных диапазонов волн различны, в таблице приведены также данные в единых выражениях — плотности энергии (в эргах на кубический сантиметр).

Из табл. 3 видно, что с укорочением длины волны величины плотности энергии, при которых отсутствует повышение температуры тела, монотонно снижаются, за исключением диапазона УКВ. Последнее пока объяснить нельзя. Можно предположить, что особенность диапазона УКВ определяется резонансным эффектом в гетерогенных структурах и макромолекулах (Bach и др., 1961; Cook, 1952; Ю. Е. Москаленко, 1960; В. А. Франке, 1960).

С учетом приведенных максимальных величин, определяющих отсутствие интегрального теплового эффекта, было экспериментально изучено хроническое воздействие различных диапазонов волн на животных.

Одним из интегральных показателей биологического действия электромагнитных волн радиочастот является динамика веса животных.

Таблица 3

Интенсивность облучения, не вызывающая повышения температуры тела

Диапазон радиоволн	Пороги нетеплового эффекта	Плотность энергии в эрг/см <sup>3</sup>
Средние (500 кгц) . . . . .	Ниже 8 000 в/м	$2\ 830 \cdot 10^{-6}$
Короткие (14,7 Мгц) . . . . .	2 250 "	$224 \cdot 10^{-6}$
Ультракороткие . . . . .	150 "	$0,995 \cdot 10^{-6}$
69,7 Мгц . . . . .	50 "	$0,11 \cdot 10^{-6}$
155 . . . . .	20 "	$0,018 \cdot 10^{-6}$
191 . . . . .		
Микроволны	Выше 40 мвт/см <sup>2</sup>	$13,2 \cdot 10^{-6}$
Дециметровые . . . . .	10 "	$3,3 \cdot 10^{-6}$
Сантиметровые (3 и 10 см)	7 "	$2,31 \cdot 10^{-6}$
Миллиметровые . . . . .		

Имеются основания предполагать, что отклонение в весе облученных животных (мыши) в значительной мере определяется интенсивностью облучения и в определенной мере диапазоном волн.

Малые интенсивности облучения в диапазоне УВЧ, по мнению ряда исследователей, стимулируют прибавку

В весе животных, а большие — угнетают ее (К. П. Голышева, Н. М. Андрияшева, 1934; Г. В. Скипин, Н. Б. Баранов, 1934; Д. Я. Глезер, 1937; А. Возная и И. Жердин, 1937; М. П. Деревягин, 1939; М. А. Тихонова, 1948). Относительно диапазона СВЧ имеются лишь отдельные работы (Denier, 1933; Kuttig, 1955; З. В. Гордон, Е. А. Лобанова, М. С. Толгская, 1955; Е. А. Лобанова, 1960). Они свидетельствуют о некотором стимулировании динамики веса при продолжающемся воздействии поля СВЧ. Наконец, средневолновой диапазон, по данным К. В. Никоновой, не вызывает изменения в динамике веса у облученных животных.

В табл. 4 представлены изменения веса животных при воздействии исследованных диапазонов волн (по данным З. В. Гордон, Е. А. Лобановой, К. В. Никоновой, П. П. Фукаловой). Во всех случаях были использованы интенсивности облучения, не вызывающие интегрального теплового эффекта (повышение температуры тела in rectum).

Приведенные в таблице данные позволяют убедиться в том, что начало отставания веса облученных животных по сравнению с контрольными и степень его выраженности в определенной мере связаны с диапазоном волн.

Таблица 4  
Изменение веса животных при воздействии различных диапазонов радиоволн

Диапазон волн	Интенсивность облучения	Начало изменения (месяцы облучения)	Прибавка веса животных в г (средние данные)	
			облученные	контрольные
Миллиметровые	10 мвт/см <sup>2</sup>	3	65	75
Сантиметровые				
3 см	10 "	1	42	70
10 "	10 "	1,5	25	70
Дециметровые	10 "	2	95	120
Ультракороткие				
191 Мгц	20 в/м	2,5	125	145
155 "	50 "	3,5	110	128
69,7 "	150 "	4	182	210
Короткие	2 250 "	4	180	210
Средние волны	1 800 "	10	Изменений нет	
	50 а/м	10		

Наиболее угнетающее действие на развитие животных (прирост веса и время наступления снижения по сравнению с контролем) оказывают сантиметровые волны. С увеличением длины волны (дециметровые, ультракороткие, короткие волны) угнетающее влияние ослабевает. Снижено оно и в крайних точках спектра электромагнитных волн радиочастот (миллиметровые и средние волны), однако в миллиметровом оно наступает значительно позднее, чем в других диапазонах (начиная с 3-го месяца облучения), и достигает максимума снижения после 6 месяцев (вес на 45 г меньше, чем у контрольных).

В средневолновом диапазоне отставание в весе облученных животных по сравнению с контрольными оказалось статистически недостоверным.

Следовательно, такой показатель развития животных, как динамика веса, несколько зависит от диапазона радиоволн.

Влияние электромагнитных волн радиочастот на сосудистый тонус человека и экспериментальных животных показано многими исследователями.

Не останавливаясь подробно на реакции, вызываемой различными диапазонами радиоволн у человека, отметим лишь, что в диапазонах ВЧ, УВЧ и СВЧ гипотензивный эффект у работающих с источниками радиочастот описан рядом авторов, которые наблюдали преобладание ваготонических реакций с наклоном к гипотонии (В. В. Парин, И. Н. Давыдов, 1940, 1959; Ю. А. Осипов, 1953; И. А. Абрикосов, 1958; М. Н. Садчикова, А. А. Орлова, 1958; А. А. Орлова, 1960; А. Н. Обросов и В. Г. Ясногородский, 1961; Б. И. Смурова, 1962, и др.).

Экспериментальные исследования на животных, проведенные для различных диапазонов радиоволн в Институте гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР (З. В. Гордон, 1960, 1964; К. В. Никонова, 1964; П. П. Фукалова, 1968), убеждают в том, что хроническое воздействие различных диапазонов радиочастот нетермогенной интенсивности вызывает стойкое понижение уровня кровяного давления. Этому часто предшествует фаза повышения давления (табл. 5).

В то время как общим для воздействия всех диапазонов волн является стойкое снижение уровня кровяного давления, имеются и отличающие отдельные диапазоны изменения:

Таблица 5

Изменение уровня кровяного давления при облучении радиоволнами

Диапазон волн	Интенсивность облучения	Первая фаза — повышение давления (недели)		Вторая фаза — понижение давления (недели)		Снижение давления в %
		—	—	—	—	
Средние (500 кг) . . . . .	1 800 в/м 5 а/м	Недостовверно		30		11,7
Короткие (14,8 Мгц) . . . . .	2 250 в/м	2		6		12
Ультракороткие 69,7 Мгц . . . . .	150 "	2		6		17
155 " . . . . .	50 "	2		12		33
191 " . . . . .	20 "	4		12		29
Микроволны Дециметровые . . . . .	10 мвт/см <sup>2</sup>	1		10		17
Сантиметровые 10 см . . . . .	10 "	1—6		22		11
3 " . . . . .		—		6		25
Миллиметровые . . . . .	10 "	—		4		20

1) отсутствие первой фазы — повышения уровня давления у животных, облученных средними, 3-сантиметровыми и миллиметровыми волнами;

2) быстрое появление первой фазы (1-я неделя облучения) в диапазонах дециметровых и 10-сантиметровых волн;

3) ранние проявления второй фазы понижения уровня давления в диапазонах УКВ (69,7 Мгц) и КВ на 6-й неделе облучения;

4) интенсивное (на 20—33%) снижение уровня кровяного давления, особенно в диапазонах миллиметровых, 3-сантиметровых, УКВ (155 и 191 Мгц).

Известно, что в механизме вегетативно-сосудистых нарушений большое значение придается гипоталамической области головного мозга.

Экспериментальные данные, полученные в нашей лаборатории, говорят о заинтересованности диэнцефальной области в реакции организма на облучение радиоволнами. Так, И. Н. Зенина, исследуя биотоки мозга, показала, что воздействие кардиозола, вызывающего судорожные реакции диэнцефального происхождения, тормозятся или полностью снимаются микроволновым облу-

чением. В данном случае можно предположить, что воздействие микроволн блокирует отдельные участки межточного мозга.

Нарушение деятельности гипоталамической области при воздействии радиоволн отмечено также при исследовании влияния микроволн на специализированные формы аппетита и электролитный обмен у облученных крыс. Как известно, высшим центром, регулирующим водно-солевой обмен, являются отдельные ядра гипоталамуса. В. В. Кулаковой (1968) было выявлено несоответствие изменений между степенью выраженности некоторых видов солевого аппетита и электролитным составом в организме. Возможно, оно связано с нарушением механизма, контролирующего распределение солей и воды между клеткой и внутренней средой.

В пользу значительной заинтересованности гипоталамической области говорит клиническая картина тяжелых форм хронического воздействия электромагнитных полей радиочастот, которая характеризуется диэнцефальным синдромом (Э. А. Дрогичина, М. Н. Садчикова, 1964). Последний проявляется пароксизмальными состояниями, наступающими вследствие нейроциркуляторных расстройств. Четко выявляются нарушения биоэлектрической активности коры больших полушарий.

Представляя собой один из важных отделов головного мозга, гипоталамус играет большую роль в интеграции нервных и гуморальных процессов. Гипоталамическая область может осуществлять регуляцию, в частности, деятельности сердечно-сосудистой системы, содержания таких медиаторов, как ацетилхолин, холинэстераза, гистамин и др.

Исследования, проведенные в последние годы в Институте гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР, свидетельствуют о действии на некоторые холинергические процессы электромагнитных волн радиочастот, в частности микроволн. Как показали клинические наблюдения, хронические воздействия микроволн проявляются в функциональных нарушениях нервной системы. Наиболее характерным сдвигом со стороны вегетативной иннервации является тенденция к преобладанию парасимпатической направленности реакции со стороны сердечно-сосудистой системы. Исследование нейро-гуморальной регуляции (С. В. Никогосян) позволило выявить увеличение содержания ацетилхолина в центральной

первной системе, снижение активности холинэстеразы и содержания SH-группы в стволе мозга (И. А. Кицовой).

Как было показано И. А. Кицовой (1968), под влиянием микроволнового облучения снижается возбудимость Н-холинорецепторов, в то время как состояние М-холинорецепторов остается без изменения. Изменение состояния Н-холинорецепторов может в известной мере определять нарушение передачи возбуждения в центральной нервной системе. Отсутствие изменений в М-холинорецепторах, очевидно, говорит в пользу избирательного действия микроволн на холинэргические структуры.

Весьма важным в исследовании механизма действия микроволн малой интенсивности является определение наиболее заинтересованных участков нервной системы. В этом плане интересны данные, полученные И. А. Кицовой (1968 а), которая использовала различные фармакологические средства, вызывающие судорожные припадки у крыс и имеющие различные точки приложения в центральной нервной системе (камфара, коразол, стрихнин, никотин и др.). Ею показано, что к облучению чувствительны двигательная зона коры головного мозга и подкорковые образования, определенные структуры среднего и промежуточного мозга, системы сегментарного аппарата, что затрудняет передачу импульсов с афферентных путей на двигательные единицы спинного мозга. К этому надо добавить отмеченное выше угнетающее действие на Н-холинорецепторы.

Необходимо подчеркнуть, что степень чувствительности к микроволновому облучению нервной системы неодинакова. Наименее выражена реакция нервной системы на миллиметровое облучение (если судить по реакции высшей нервной деятельности животных). Однако периферическая нервная система, особенно рецепторный аппарат кожи, весьма чувствительна к миллиметровому, даже однократному, облучению.

Функциональные сдвиги развиваются и формируются постепенно.

В зависимости от физических параметров (длина волны, интенсивность облучения), длительности хронического воздействия, исходного функционального состояния организма процесс может протекать неравномерно, иметь одну или две фазы; последнее чаще и характеризуется сначала некоторой стимуляцией, а затем угнетением функ-

ции. Как удалось показать, так же постепенно формируются и морфологические изменения при действии различных диапазонов волн радиочастот нетермогенной интенсивности.

Подробно морфологические изменения при воздействии электромагнитных волн радиочастот малой интенсивности рассмотрены ниже.

## Глава I

### МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ МНОГОКРАТНОМ ОБЛУЧЕНИИ МИКРОВОЛНАМИ МАЛОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

#### Морфологические изменения при длительном многократном облучении сантиметровыми волнами малой интенсивности

Изучались морфологические изменения во внутренних органах и в нервной системе у 74 белых крыс, подвергавшихся многократному хроническому воздействию импульсными и непрерывными 10-сантиметровыми волнами и импульсными 3-сантиметровыми волнами малой интенсивности при разной продолжительности облучения.

**Группа 1.** Для того чтобы проследить начальные нарушения при действии сантиметровых волн, следует насколько подробнее остановиться на хроническом воздействии на организм животных 10-сантиметровых волн очень малой интенсивности. Это изучение тем более важно, что в производственных условиях такие интенсивности могли иметь место.

Изучалось многократное воздействие (35—40 сеансов по 30 минут) малой интенсивности 10-сантиметровых волн в импульсном режиме модуляции и непрерывной генерации на белых крысах. Явлений перегрева не наблюдалось. Внешние проявления действия сантиметровых волн отсутствовали. Животные чувствовали себя хорошо, продолжали прибавлять в весе одинаково с контрольными и оставались практически здоровыми.

Крыс забивали в разные сроки после прекращения облучения: одну часть сразу после облучения, другую — через 1 неделю и третью — через 3 недели после прекращения облучения.



У животных, забитых сразу после последнего облучения, сосудистых расстройств не было обнаружено. Отмечалось мутное набухание протоплазмы отдельных нервных клеток коры и гипоталамической области с появлением (изредка) единичных вакуолей в протоплазме (особенно в нейронах гипоталамической области), небольшое набухание и неравномерное окрашивание единичных мышечных волокон миокарда. При гистохимическом исследовании обнаружено небольшое уменьшение количества рибонуклеопротеидов как в коже, так и в ряде внутренних органов, в норме богатых РНП (нервные клетки, железистый эпителий желудочно-кишечного тракта). Наиболее заметное уменьшение содержания РНП отмечено в эпидермисе и его дериватах в поверхностных слоях кожи. У отдельных животных имелись набухшая протоплазма и незначительно выраженная зернистая (белковая) дистрофия отдельных печеночных клеток и эпителия единичных извитых канальцев почки.

Через 3 недели после прекращения облучения все указанные изменения не выявлялись, т. е. подвергались обратному развитию.

При многократном ежедневном получасовом облучении (34 сеанса) 3-сантиметровыми импульсными волнами интенсивностью до 10 мвт/см<sup>2</sup> у животных также никаких внешних проявлений действия облучения не обнаружено<sup>1</sup>. У животных, забитых сразу же после последнего облучения, изменения были еще менее выраженными, чем при облучении 10-сантиметровыми волнами. У животных, забитых через 1 и 3 недели по окончании облучения, никаких морфологических изменений во внутренних органах и мозге не произошло. Следовательно, все приведенные морфологические изменения являются обратимыми.

Таким образом, у животных, подвергнутых многократному облучению 3- и 10-сантиметровыми импульсными волнами малой интенсивности (10 мвт/см<sup>2</sup>), при общем хорошем состоянии обычными морфологическими методами обнаружены начальные обратимые, совершенно незначительные дистрофические изменения в основном в нервной системе. Эти изменения, по П. Е. Спесареву, являются ранней реакцией нервной системы на раздра-

<sup>1</sup> Нами учитывались изменения, связанные со способом забоя животных — декапитацией. Все описываемые у подопытных животных изменения получены нами в сравнении с контролем.

жение. Они слабо выражены, обратимы, компенсированы, и животное остается практически здоровым.

У животных, облученных многократно 10- и 3-сантиметровыми волнами интенсивностью до 10 мвт/см<sup>2</sup> сроком до 10 месяцев никаких внешних проявлений воздействия не отмечено. В то же время установлено, что малые интенсивности облучения 10-сантиметровыми волнами, не дающие теплового эффекта, вызывают ряд физиологических изменений в организме животных. Например, у этих животных обнаружены изменения в центральной нервной системе, выражающиеся в нарушении взаимоотношений основных нервных процессов (И. А. Кицовская, 1960), нарушение условнорефлекторной деятельности животных (Е. А. Лобанова, 1960), изменение уровня кровяного давления в сторону его снижения (З. В. Гордон, 1960, 1964). Обычные морфологические методы исследования, предназначенные для выявления небольших морфологических изменений, сопровождающих подобные физиологические расстройства, недостаточны.

Поэтому необходимы были более тонкие морфологические, электрофизиологические методы исследования нервной системы, как, например, изучение изменений в синаптических и рецепторных образованиях центральной нервной системы, очень тонко реагирующих на различные воздействия. Параллельно с исследованием высшей нервной деятельности облученных животных представлялось интересным исследовать межнейронные связи коры головного мозга при воздействии сантиметровых волн.

Прежде чем перейти к изложению результатов исследований, необходимо привести некоторые литературные данные о межнейронных связях коры головного мозга.

В нервной ткани очень хорошо выражена морфологическая организация ее связей. В головном мозге человека, характеризующемся высоким развитием второй сигнальной системы, связи коры достигают чрезвычайно высокой дифференцировки и сложности (С. А. Саркисов).

С. А. Саркисовым (1948) и Г. И. Поляковым (1955) изучена сложная организация межнейронных связей коры головного мозга. Согласно этим данным, три системы (эфферентная, афферентная и вставочная) в своем взаимодействии распределяют потоки нервных импульсов по коре головного мозга и составляют материальную основу рефлекторной дуги. Как известно, передача нерв-

ного импульса с одного нейрона на другой возможна лишь через концевые разветвления аксона одного нейрона на дендриты или тело другого нейрона.

Б. А. Долго-Сабуровым (1956), П. И. Поляковым, С. А. Саркисовым, Б. И. Лаврентьевым были изучены контактные аппараты, соединяющие нейроны и специализированные в направлении восприятия нервных им-

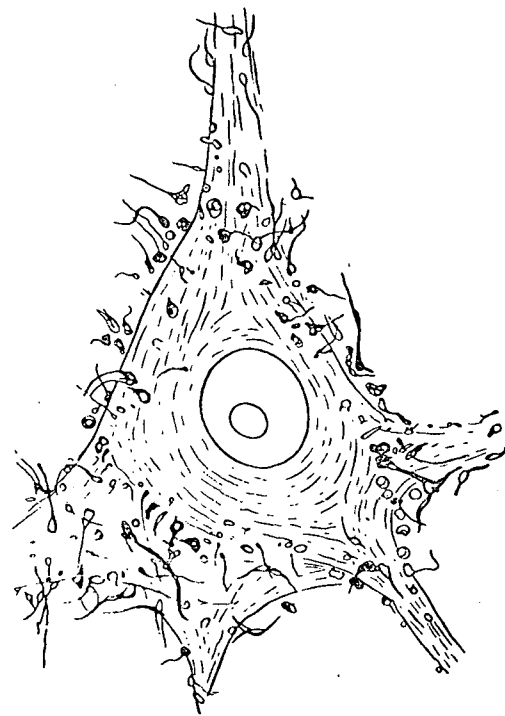


Рис. 15. Аксосоматический синаптический аппарат в виде концевых пуговок на теле нервной клетки (по Л. Бадашу).

пульсов или отдачи их на другие нейроны. Исследованиями ряда авторов (П. Е. Слесарев, Б. И. Лаврентьев, С. А. Саркисов, Г. И. Поляков и др.) установлено, что имеются два типа межнейронных связей: аксосоматические — прямые, терминальные связи, когда конечные разветвления аксона одного нейрона оплетают тело дру-

гого нейрона, образуя на нем контактные передающие синаптические приборы, пуговки, кнопки и колечки (рис. 15), и аксодендральные, касательные, или коллатеральные, связи, представляющие собой соединения тончайших разветвлений аксона с разветвлениями дендритов. Контакты происходят через особые образования на дендритах — мелкие шипики (рис. 16).

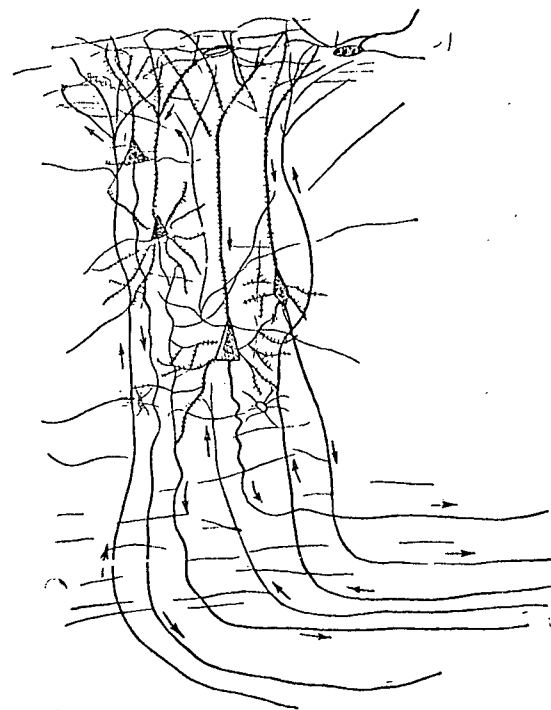


Рис. 16. Схема аксодендральных связей в коре головного мозга по Кахалу.

Схему межнейронных связей коры головного мозга по Г. И. Полякову можно представить себе следующим образом. Приходящие в кору аксоны из нижележащих отделов нервной системы разветвляются в глубоких слоях коры, образуя прямые связи одного нейрона с другим, или разветвления аксонов в поверхностных, ассоциативных, филогенетически молодых слоях коры приходят

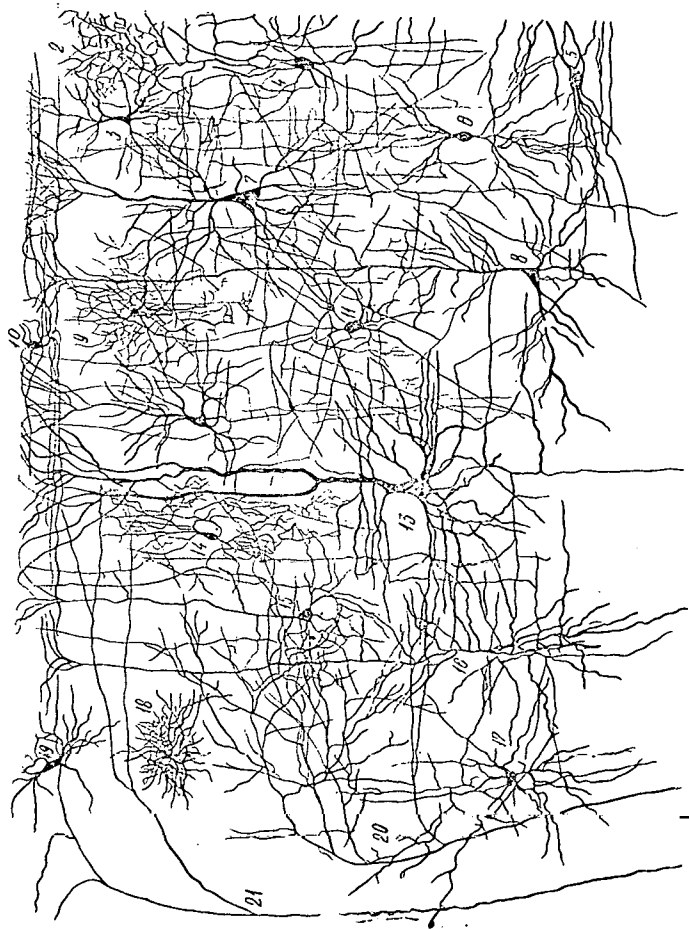


Рис. 17. Схема межнейронных связей коры мозга по Полякову.

в соприкосновение с большим количеством нейронов различных слоев коры, так как в каком бы слое ни лежал эфферентный нейрон, чаще всего свой верхушечный дендрит он посылает в верхние слои коры для ассоциаций (рис. 17). Эта форма связей представляет тонкий механизм, регулирующий и изменяющий функциональное состояние многих нейронов в зависимости от изменения функционального состояния одного из них.

В коре головного мозга человека вследствие высокого развития ассоциативных связей первенствующее значение имеют аксодендральные, косвенные связи.

Согласно современным представлениям (С. А. Саркисов, Г. И. Поляков), шипики на дендритах нервных клеток как рецепторные воспринимающие аппараты коры изменяются раньше передающих аксонных разветвлений и их контактных аппаратов и раньше тела нервных клеток.

Нами была поставлена задача проследить возникновение начальных морфологических изменений в межнейронных связях коры головного мозга при длительном действии 10-сантиметровых волн малой интенсивности, проследить стадии постепенного развития изменений в межнейронных связях коры в зависимости от интенсивности облучения и связать их с особенностями изменения условных рефлексов, а также изучить обратимость этих изменений.

Кусочки коры головного мозга, взятые из областей двигательного и чувствительного анализаторов, импрегнировались серебром по способу Гольджи (некоторые препараты обрабатывались по способу Гольджи—Бюбенета).

Для контроля изучалась структура межнейронных связей коры мозга у 10 необлученных здоровых белых крыс, забитых декапитацией.

При большем увеличении хорошо видно, что верхушечные и базальные дендриты пирамидного нейрона обильно усеяны мелкими шипиками (рис. 18, а). Особенно хорошо видны шипики при иммерсионном увеличении, представляющие собой грушевидные выросты протоплазмы, расположенные перпендикулярно к длиннику дендрита (рис. 18, б). Часто они имеют вид мелких пуговок на тонких ножках (рис. 18, в).

Наибольшее количество шипиков обнаружено на верхушечных дендритах пирамидных и веретенообразных клеток, дендритах, направляющихся из различных слоев

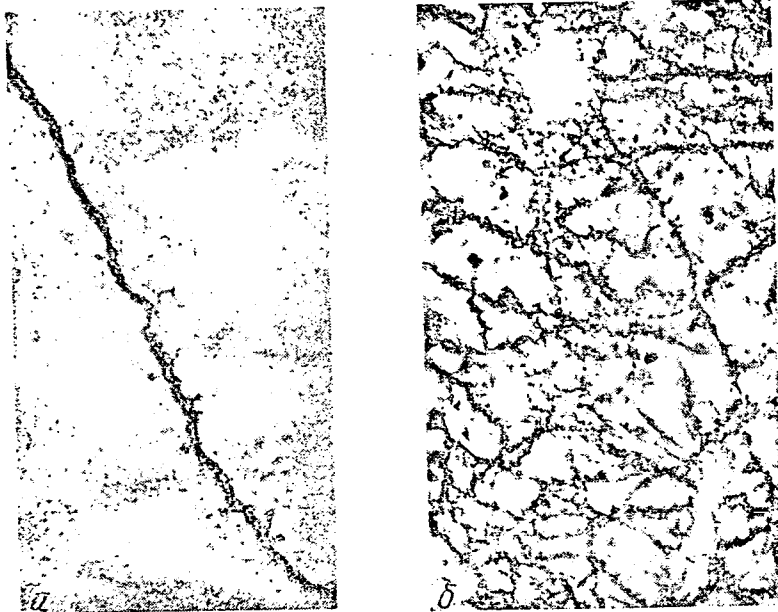


Рис. 18. Сравнительная характеристика измененных и неизмененных аксодендральных межнейронных связей.

*а* — эфферентный нейрон коры головного мозга контрольной крысы. Хорошо видны шипики на верхушечном дендрите и его разветвлениях. Окраска по Гольджи, увеличение  $\times 360$ ; *б* — сплетение верхушечных дендритов в верхних слоях коры. Хорошо видны шипики на дендритах, они имеют вид грушевидных выростов протоплазмы. Окраска та же, увеличение  $\times 540$ .

коры в поверхностные для ассоциации и разветвляющихся там. Меньше их на базальных дендритах и совсем нет на теле нервных клеток.

Затем исследовались межнейронные аксодендральные связи коры головного мозга у второй группы животных, подвергнутых облучению 10-сантиметровыми импульсными и непрерывными волнами интенсивностью от 4 до 10 мвт/см<sup>2</sup> (35—40 сеансов облучения по 30 минут каждый). Животные забиты декапитацией сразу после последнего облучения. Условные рефлексы к этому времени были нарушены. У животных (исследованных Е. А. Лобановой) отмечались ослабление процессов возбуждения, нарушение процессов дифференцировки и затем парадоксальная реакция и запредельное торможение. При изучении срезов коры головного мозга видно, что на конце

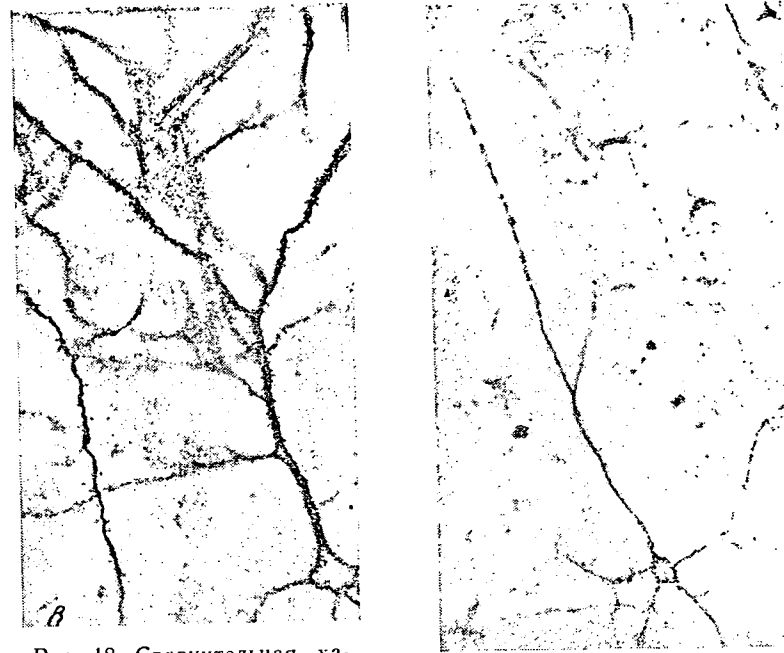


Рис. 18. Сравнительная характеристика измененных и неизмененных аксодендральных межнейронных связей.

*а* — верхушечный дендрит пирамидного (эфферентного) нейрона коры головного мозга контрольной крысы. Хорошо видны шипики на дендрите, они имеют вид пуговок на тоненьких ножках. Окраска по Гольджи—Бюбенету, увеличение  $\times 720$ .

Рис. 19. Четковидная деформация верхушечного дендрита эфферентного нейрона коры головного мозга крысы после повторных облучений сантиметровыми волнами малой интенсивности. Окраска по Гольджи, увеличение  $\times 360$ .

дендритов нервных клеток шипики деформируются (делаются толще и короче), иногда распадаются, и количество шипиков значительно уменьшается.

При увеличении количества сеансов облучения шипики исчезают, а на дендритах появляются четковидные и шаровидные вздутия. Особенно изменены верхушечные дендриты, идущие в верхние ассоциативные слои коры головного мозга. Процесс начинается с концов дендритов и явно ослабевает по направлению к телу клетки (рис. 19). Если на конце верхушечного дендрита видны четковидные утолщения, то ближе к телу клетки дендрит имеет ровные контуры и покрыт шипиками. При увели-

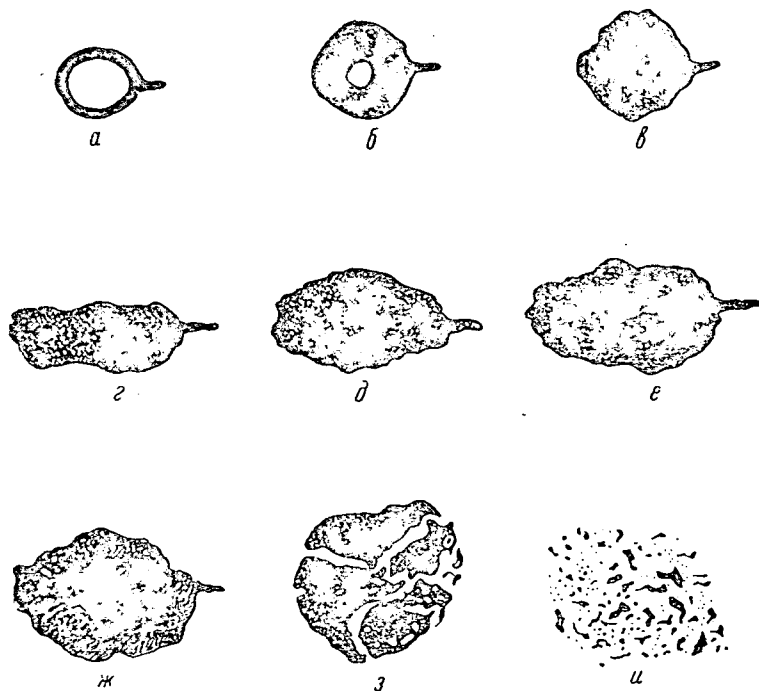


Рис. 20. Схема последовательных стадий дистрофических изменений концевых бутонов перичеселлярного синаптического аппарата в различные сроки (по Джибсу).

а — нормальный бутон; б — через 24 часа; в — через 48 часов; г — через 72 часа; д — через 96 часов; е, ж, з — через 120 часов; и — через 120 часов (гранулярный распад).

чении количества сеансов облучения (при полном выпадении условных рефлексов) процесс деформации дендритов распространяется в глубь коры по направлению к телу клеток (см. рис. 27, а).

При сравнении морфологических изменений в нервной системе, обнаруженных у животных при действии импульсных и непрерывных 10-сантиметровых волн, следует отметить более выраженные и отчетливые изменения при действии импульсных 10-сантиметровых волн.

Наблюдается определенная очаговость процесса, и всегда рядом с измененными нейронами можно видеть нейроны с нормальной конфигурацией дендритов. При окраске ткани мозга по Нисслию обнаружены начальные

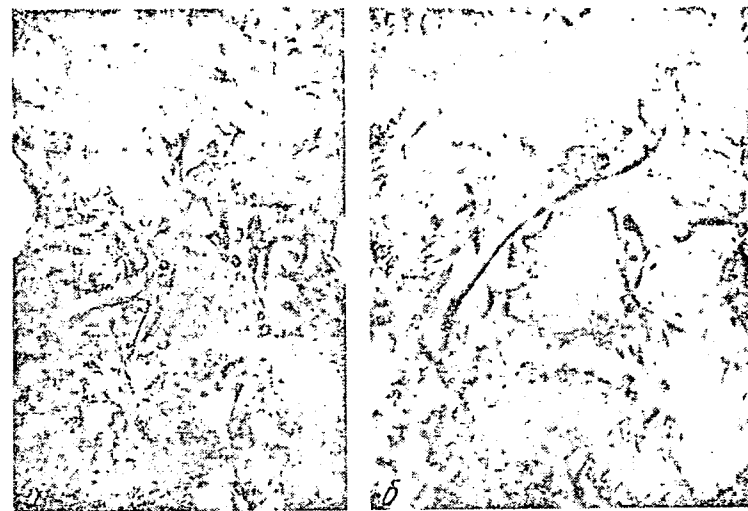


Рис 21. Сравнение нормальных и измененных аксосоматических синапсов передних рогов спинного мозга. Окраска по Кахалу, увеличение  $\times 540$ .

а — многочисленные концевые колечки на теле и дендритах моторного нейрона переднего рога спинного мозга контрольного кролика; б — булавовидные утолщения и усиленная аргирофилия синаптических пучков и отсоединение их от тела нервной клетки в гипоталамической области при облучении сантиметровыми волнами малой интенсивности.

изменения в виде мутного набухания протоплазмы отдельных нервных клеток, что, по П. Е. Снесареву, является ранней обратимой реакцией нервных клеток на различные раздражения.

Во внутренних органах данных животных никаких существенных изменений, кроме набухания протоплазмы отдельных волокон миокарда, единичных клеток печени и эпителия извитых канальцев почек, не обнаружено.

Все описанные морфологические изменения в нервной системе вполне соответствуют физиологическим сдвигам, проявляющимся клинически в виде нарушения условно-рефлекторной деятельности.

У животных, забитых через 3—4 недели после прекращения облучения, после полного восстановления условных рефлексов в нервной системе не обнаружено никаких изменений. Все дендриты имели ровные контуры и были покрыты большим количеством шпичков.

Описанные изменения являются функциональными, обратимыми, исчезающими вслед за прекращением облучения вместе с восстановлением условнорефлекторной деятельности животных.

Описанные выше изменения в аксодендральных межнейронных связях коры головного мозга не являются специфическими и характерными только для воздействия 10-сантиметровых волн; сходные изменения в межнейронных связях описаны М. С. Толгской (1954) при воздействии на животных разнообразных химических вредных агентов (мышьяк, свинец, анилин). Это есть проявление тонкой реакции нервных клеток, которая при прекращении действия вредного агента может исчезать и, наоборот, при длительном воздействии его сменяться деструктивным необратимым патологическим процессом.

У части крыс, подвергнутых хроническому воздействию 10-сантиметровых волн малой интенсивности (до 10 мвт/см<sup>2</sup>), наряду с аксодендральными исследовались аксосоматические связи коры головного мозга. Последние в коре мозга менее выражены, чем аксодендральные, и более развиты в глубоких слоях коры. Стадии изменения аксосоматических колечек представлены на схеме Джибса (рис. 20).

У контрольных животных (при обработке по Кахалу) аксосоматические синапсы очень хорошо выражены на моторных нейронах передних рогов спинного мозга и состоят из аксонных окончаний, имеющих вид колечек и пуговок на теле нервных клеток (рис. 21, а).

У облученных животных на моторных нейронах глубоких слоев коры или нейронах гипогаламической области эти колечки и пуговицы утолщаются, отмечается их усиленная аргирофилия, просвет колечек закрывается и они превращаются в крупные булавы, которые отодвигаются от тела нервных клеток (см. рис. 21 и 28), т. е. происходит асинапсия нейронов.

Следовательно, аксосоматические межнейронные связи мозга, как и аксодендральные, чрезвычайно чувствительны и рано начинают изменяться при облучении (раньше нервных клеток и клеток внутренних органов).

Патологический процесс в аксосоматических связях обратим, и через месяц после прекращения облучения подобные изменения не обнаруживаются.

По-видимому, в ответ на раздражение 10-сантиметро-



Рис. 22. Кожа. Резко выраженная аргирофилия чувствительного первого волокна, содержащего четковидные утолщения и наплывы аксоплазмы. Длительное облучение волнами сантиметрового диапазона. Окраска по Бильшовскому — Грос, увеличение  $\times 400$ .

выми волнами малой интенсивности в синаптических образованиях головного мозга возникают функциональные обратимые изменения. Эти изменения нервных клеток при продолжении облучения могут переходить в необратимый деструктивный патологический процесс.

Кроме изменений в межнейронных связях мозга, изучались морфологические изменения в других тонких образованиях нервной системы при действии 10-сантиметровых волн малой интенсивности (изменения в чувствительных нервных волокнах кожи и внутренних органов).

Как уже отмечалось, изменения чувствительных нервных волокон рецепторных зон кожи особенно интересны, потому что именно кожа является первым барьером на пути радиоволн. Благодаря огромному количеству афферентных нервных окончаний кожа представляет собой мощное рецепторное поле. Сантиметровый диапазон частично поглощается кожей, частично проникает в более глубокие ткани. Не менее интересны изменения в чувствительных нервных волокнах различных рецепторных зон внутренних органов. Согласно литературным данным, чувствительные волокна внутренних органов живо реагируют даже на минимальные вредные воздействия.

Таким образом, очень важно было изучить афферент-

ные чувствительные нервные волокна, которыми насыщены ткани организма и координированная деятельность которых помогает поддерживать постоянство внутренней среды организма. Исследование чувствительных нервных волокон различных рецепторных зон имеет значение для изучения механизма действия микроволн.

Тридцать животных были подвергнуты повторному облучению сантиметровыми волнами малой интенсивности (до 10 мвт/см<sup>2</sup>) по 1 часу ежедневно в течение 100—200 сеансов. В чувствительных нервных волокнах внутренних органов и особенно в коже обнаружены изменения, которые можно охарактеризовать как явления раздражения. Они заключались в усиленной аргирофилии, появлении утолщений, вздутий, натеков аксоплазмы и резкой извитости нервных волокон. Следует отметить, что в данной группе животных всегда рядом с измененными нервными волокнами обнаруживалось значительное количество неизмененных, что свидетельствует о больших компенсаторных возможностях в периферической нервной системе. Наиболее резкие изменения были обнаружены в чувствительных нервных волокнах кожи (см. рис. 22 и 29, в). В рецепторных зонах внутренних органов изменения чувствительных нервных волокон были одинаково резко выражены в виде повышенной аргирофилии и появления неравномерных утолщений в виде четок по ходу волокна (см. рис. 30, б).

Изучались также изменения в нервных клетках чувствительных спинномозговых узлов, нервных клетках таламической и гипоталамической областей и клетках коры мозга, в нервных клетках вегетативных узлов (солнечное сплетение, gangl. Nodosum vagusa). В нервных клетках чувствительных спинномозговых узлов обнаружено набухание протоплазмы с растворением тигроидного вещества в центре клетки и резко выраженной эктопией ядер. В отдельных клетках имелись явления кардиоцитолитиза с гибелью нейронов (см. рис. 31, б). В гипоталамической области протоплазма нейронов характеризовалась набуханием с появлением отдельных вакуолей в ней. Первые клетки вегетативных узлов почти не изменены.

Следовательно, при длительном повторном облучении сантиметровыми волнами малой интенсивности, когда нет повышения температуры тела и состояние животного удовлетворительное, мы обнаружили изменения в чув-

ствительных нервных волокнах кожи и внутренних органов в виде явлений раздражения. Эти данные совпадают с существующим в литературе мнением о высокой чувствительности рецепторного аппарата вообще и особенно его претерминальных отделов (Б. А. Долго-Сабуров, В. Ю. Первушин).

Данные об изменении чувствительных нервов различных рецепторных зон внутренних органов и кожи при действии 10-сантиметровых волн малой интенсивности согласуются с нашими предыдущими исследованиями, которые показали изменения в аксодендральных и аксо-соматических синаптических аппаратах мозга при воздействии сантиметровых волн той же интенсивности, когда интегральный тепловой эффект отсутствует.

Таким образом, изменения, возникающие в организме при облучении сантиметровыми волнами, не только зависят от непосредственного воздействия сантиметровых волн на различные ткани и органы, но могут быть объяснены и раздражением рецепторных приборов различных рефлексогенных зон.

Данные об изменении чувствительных нервных волокон определенных рецепторных зон, служащих источником рефлекторных влияний на центральную нервную систему, а следовательно, и на функциональное состояние систем кровообращения и дыхания, а также изменения в гипоталамической области могут до некоторой степени служить основанием для объяснения наблюдаемых в клинике и эксперименте падения уровня кровяного давления и брадикардии при действии микроволн малой интенсивности, когда тепловое воздействие отсутствует.

Поскольку в наших экспериментах с хроническим воздействием малых интенсивностей мы обнаруживали ранние изменения в нервных клетках гипоталамической области, решено было исследовать нейросекреторную функцию гипоталамической области, тем более что наблюдения клиницистов и физиологов неоднократно свидетельствовали о значительном участии дienceфально-гипоталамической области в реакции организма на воздействие микроволн малой интенсивности.

Характерным проявлением реакции организма на воздействие электромагнитных волн радиочастот служит ее ваготоническая направленность. Как свидетельствуют клинко-физиологические исследования на людях (Д. А. Гинзбург, М. Н. Садчикова, 1964; Э. А. Дрогичи-

на и др., 1962), у работающих с источниками излучений СВЧ энергии могут возникать вегетативно-сосудистые нарушения, в механизме которых существенная роль отводится гипоталамической области головного мозга.

Экспериментальные данные также говорят о значительном участии диэнцефально-гипоталамической области в реакции организма на воздействие микроволн.

В пользу изменений регулирующей деятельности гипоталамической области при воздействии электромагнитных волн радиочастот может также говорить и наблюдавшееся нами изменение уровня кровяного давления облученных животных. Эти изменения протекали двухфазно: в первый период облучения малыми интенсивностями наблюдалось повышение уровня кровяного давления, а при последующем облучении — стойкое понижение.

В настоящее время доказано, что кора больших полушарий осуществляет через гипофиз регуляцию различных функций организма, в том числе и эндокринных.

Гипоталамус принимает участие в: 1) деятельности сердечно-сосудистой системы; 2) терморегуляции; 3) регуляции водно-солевого, белкового, углеводного и жирового обмена; 4) регуляции проницаемости сосудов и мембран; 5) регуляции функции эндокринных желез; 6) вегетативном обеспечении соматических функций; 7) регуляции функций желудочно-кишечного тракта и лейкопоэза; 8) регуляции сна и бодрствования; 9) регуляции постоянства внутренней среды организма; 10) адаптационном поведении, которое осуществляется благодаря связям между корой и гипоталамической областью (корково-подкорковые отношения). Таким образом, через гипоталамус центральная нервная система производит как нервную, так и нейро-гуморальную регуляцию функций, обеспечивающих динамическое постоянство внутренней среды организма, осуществляющих неспецифическую внутреннюю и внешнюю адаптацию организма с окружающей средой.

Доказано, что нейрогипофиз представлен задней долей гипофиза и частично воронкой его, функционально же он связан с ядрами переднего гипоталамуса (надоптического и паравентрикулярного).

Отростки нервных клеток указанных выше ядер принимают участие в построении задней доли гипофиза. За последние два десятилетия доказано, что в нейронах супраоптического и паравентрикулярного ядер гипоталаму-

са образуется нейросекрет, который транспортируется по аксонам нервных клеток (образующих гипоталамо-гипофизарный тракт) в заднюю долю гипофиза, где нейросекрет депонируется.

Продвижение секрета по отросткам нервных клеток — аксонам — доказано гистологически. При этом на аксонах ясно видны гоморноположительные утолщения и наплывы, на концах аксонов эти утолщения принимают форму крупных булавовидных образований (тельца Геринга), которые особенно хорошо заметны в заднем гипофизе (А. Л. Поленов, 1964), где секрет скапливается вокруг сосудов. Большинство авторов склоняются к мнению, что нейрогипофиз является только резервуаром, где накапливается нейросекрет из гипоталамуса.

Существует мнение (А. Л. Поленов, 1964; А. А. Войткевич, 1969, и др.), что секрет нервных клеток гипоталамической области, как и любой инкрет, может поступать прямо в кровь (гемокриния), тем более что передний гипоталамус чрезвычайно богато васкуляризуется. Многие авторы описывают особенное расположение многочисленных капилляров в переднем гипоталамусе: капилляры как бы окружают каждую нервную клетку; часто капилляры не содержат глиальных мембран.

Нейросекрет также может поступать прямо в полость желудочков мозга (гидроцефалокриния).

Многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных авторов секреторная функция нервных клеток переднего гипоталамуса доказана гистологически и гистохимически. В работах описаны особенности строения ядер переднего гипоталамуса в виде своеобразного расположения тигроидного вещества (по периферии клетки), эксцентрического расположения ядер клеток и наличия вокруг ядра в протоплазме особых гоморноположительных гранул и вакуолей.

Вакуоли оптически пусты или содержат оксифильный коллоид. Вакуолизацию нервных клеток переднего гипоталамуса наблюдали Е. И. Тараканов и В. Ф. Майорова (1957) при введении гипертонического раствора хлористого натрия, и после рентгеновского облучения.

По мнению Э. Л. Гербер (1967), вакуолизация нервных клеток гипоталамуса свидетельствует об их интенсивной деятельности. Вакуолей может быть много; иногда они сливаются в одну крупную вакуоль. Вакуоли лопаются, выталкивая секрет наружу; капли коллоида оказываются



лежащими внеклеточно. В этом случае клетка имеет рваные, неровные контуры. Такая отшнуровка больших масс коллоида (комочков протоплазмы) некоторыми авторами рассматривается как голокризия (А. Л. Поленин, 1964). Mosinger (1950) считает, что может быть физиологическое таяние клетки; затем наступают явления репарации. Guillemin (1955, 1961) вакуолизацию объясняет перепродукцией коллоида и выталкиванием его за пределы клетки. В. Ф. Майорова описывает полный цикл секреции нервных клеток гипоталамуса от начала его накопления до выделения и затем процесс репарации клетки. Она считает (1964), что в продукции коллоида большое значение имеет РНК протоплазмы клетки.

Таким образом, вакуолизация нервных клеток переднего гипоталамуса, видимо, с одной стороны, является высшей стадией гиперсекреции, с другой — может свидетельствовать о начале дистрофических изменений нервных клеток, но при этом должно быть изменено уже и ядро клетки (Anderson, Lawell, 1957).

Электронномикроскопическое исследование (Scharrer, Bergmann, 1949; Mosinger, 1950; А. А. Войткевич, 1964) подтвердило наличие гормональных гранул в протоплазме нервных клеток переднего гипоталамуса, по ходу нервных волокон гипоталамо-гипофизарного тракта и в заднем гипофизе. Электронномикроскопически доказано, что гранулы нейросекрета увеличиваются в объеме и размере по мере продвижения их по гипоталамо-гипофизарному тракту, что свидетельствует о прогрессирующем синтезе нейросекрета, происходящем по мере его продвижения к нейрогипофизу.

В заднем гипофизе имеются клетки-питуициты. Они способны освободить секрет из задней доли гипофиза и выделению его в кровяное русло. Питуициты участвуют в синтезе гормонов задней доли гипофиза и принимают участие в синтезе гормонов передней доли гипофиза. В непосредственной близости от питуицитов располагаются окончания нейросекреторных волокон, но в питуицитах нейросекрета нет.

Доказано, что ядра переднего гипоталамуса выделяют химическое вещество, принципиально мало отличающееся от гормонов, выделяемых задней долей гипофиза.

Экстракт из воронки гипофиза содержит вещества, которые оказывают антидиуретическое влияние на кровяное давление и гладкую мускулатуру матки. Эти вещества называются антидиуретин, вазопрессин и окситоцин.

Guillemin и Rosenberg (1957) установили, что, кроме указанных гормонов (антидиуретин, вазопрессин и окситоцин), передние ядра гипоталамической области вырабатывают вещество, стимулирующее выделение АКТГ. Этот фактор назван CRF.

Таким образом, передняя доля гипофиза (аденогипофиз), вырабатывающая гонадотропные, тиреотропные и аденогипофизарные гормоны, хотя, по мнению ряда авторов, и не имеет прямых иннервационных проводников, все же находится под влиянием гипоталамуса через иннервацию портальных сосудов, через проникновение хемомедиаторов (гормональных продуктов гипоталамуса) в портальные сосуды аденогипофиза.

В настоящее время окончательно доказано направление тока крови (Д. А. Жданов, 1964) по портальным сосудам от гипоталамуса к гипофизу. Это направление объясняет возможность стимулирующего действия хемомедиаторов гипоталамуса на переднюю долю гипофиза — аденогипофиз, обеспечивая нейро-гормональный контроль по отношению к продукции гормона АКТГ (Porter, 1953, 1957; Н. К. Богданович, 1964). Вырабатываемый аденогипофизом гормон АКТГ вызывает выделение гормонов коркового слоя надпочечников. Из них главными являются стероидные гормоны, в том числе 17-оксикортикостероиды и альдостерон.

Е. И. Зубкова-Михайлова (1964) установила значительное уменьшение выработки нейросекреторных гранул в передних ядрах гипоталамуса и задней доле гипофиза при введении в кровь АКТГ. Следовательно, имеет место стимулирующее действие нейросекрета на продукцию гормонов аденогипофиза. Все это говорит о том, что в ядрах переднего гипоталамуса и нейрогипофизе вырабатывается ряд биологически важных активных веществ, которые нейро-гуморальным путем регулируют деятельность аденогипофиза и других эндокринных желез (А. Л. Поленин, 1964; И. Г. Акмаев, 1960).

Таким образом, работами многочисленных исследователей показано, что хемомедиаторы, поступающие с кровью в портальные сосуды аденогипофиза, способны возбудить его секреторную деятельность. При этом в кровь выделяется АКТГ — основной гормон, участвующий в общей реакции адаптации организма, которая возникает в ответ на эндо- и экзогенные воздействия на него.

В настоящее время не вызывает сомнений, что гипоталамус принимает участие в любом физиологическом и нейрохимическом процессе, играет важнейшую роль в поддержании постоянства внутренней среды организма и является важным адаптационно-трофическим центром центральной нервной системы (Л. А. Орбели).

А. Л. Поленов (1964) считает, что гипоталамическая нейросекреторная деятельность имеет большое значение в адаптации к изменяющимся условиям среды, т. е. гипоталамическая нейросекреция важна в первую очередь для осуществления защитно-компенсаторных реакций организма в ответ на постоянно меняющиеся условия среды и на различные вредные воздействия.

По мнению А. Л. Поленова (1964), в условиях напряжения нейросекрет является главным пусковым механизмом с генерализованным действием на различные органы и эндокринные железы.

В связи с исследованием Г. Селье о стрессе и адаптационном синдроме и после работ E. Scharger, B. Scharger (1954a), Bergmann (1954), Mosinger (1950), Б. В. Алешина (1964), А. А. Войткевича (1964), В. Ф. Майоровой (1962), А. Л. Поленова, Е. И. Тараканова, В. Ф. Майоровой (1957) и др. выяснились значение нейросекреторной системы и роль гипоталамуса как пускового механизма гормонального звена адаптационных реакций, направленных на сохранение гомеостаза в организме.

Исследованиями Селье (1950) показана роль гипофизарно-надпочечниковой системы в приспособительных и защитных реакциях организма, развивающихся в ответ на действие различных вредных факторов.

По мнению Селье, в адаптационном синдроме решающее значение принадлежит стероидным гормонам коры надпочечников, образование которых активируется АКТГ аденогипофиза. Образование же АКТГ регулируется ядрами переднего гипоталамуса. Следовательно, передний гипоталамус (надоптическое и паравентрикулярное ядро) и нейрогипофиз вместе с аденогипофизом и надпочечниками принимают активное участие в адаптационно-приспособительных механизмах, включающихся в работу при воздействии на организм различных вредных факторов. И. В. Давыдовский (1961—1962) указывает, что, вероятно, секреторный акт со стороны аденогипофиза на стресс (реакция на тревогу или реакция напряжения) является вторичным по счету и связан с актом ней-

росекреции в области гипоталамуса. И. Р. Курцин (1963) считает, что адаптационная гипофизарно-надпочечниковая система может быть запущена с коры головного мозга по следующей схеме реакции адаптации: стрессор воздействует на рецепторы, откуда импульсы поступают через афферентные волокна в подкорковые образования и затем в кору мозга; из коры по эфферентным волокнам импульс идет в гипоталамус и оттуда нейро-гуморальным путем к гипофизу. Аденогипофиз выделяет адренокортикотропный гормон, достигающий надпочечника гуморальным путем, и происходит выделение кортикостероидных гормонов, играющих основную роль в реакции адаптации. Б. В. Алешин (1964), А. А. Войткевич (1964), А. Л. Поленов (1964), В. Ф. Майорова (1962), Е. И. Тараканов (1957) и др., основываясь на том, что одни и те же стрессоры вызывают активную нейросекрецию гипоталамо-гипофизарной системы и активную деятельность гипофизарно-надпочечниковой системы, считают, что выделение гоморисположительного секрета в гипоталамусе (антидиуретический гормон, вазопрессин, окситоцин и фактор CRF) регулирует выделение адренокортикотропного гормона в условиях стресса. Таким образом, каков бы ни был механизм действия, многочисленными авторами бесспорно доказано значение нейросекреторной системы и роль гипоталамуса как пускового механизма в активации гормонального звена адаптационных реакций, направленных на сохранение гомеостаза в организме. Изучение интимных механизмов регуляторных влияний гипоталамических нейронов имеет большое общепсихологическое значение. Оно позволяет понять патогенез ряда нейро-эндокринных, вегетативных и других заболеваний (А. А. Галоян, 1965).

Многочисленные авторы изучали изменения нейросекреторной функции при различных вредных воздействиях на организм.

С. В. Владимиров (1964) при сильном болевом 10-минутном раздражении находил истощение нейросекреторной системы. С. В. Жукова (1964) при экстирпации верхнего симпатического шейного узла наблюдала увеличение содержания секрета в нервных клетках передних ядер гипоталамуса (блокада выделения нейросекрета); при этом падало кровяное давление. Следовательно, при уменьшении выделения вазопрессина снижалось кровяное давление. Наоборот, у антигирсоидированных кроли-

ков после десминатизации вместе с повышением кровяного давления отмечалось уменьшение нейросекрета в гипоталамусе вследствие обильного его поступления в кровь. А. А. Войткевич (1964) при дегидратации отмечал уменьшение секрета в ядрах переднего гипоталамуса, что рассматривается как результат усиленного расщепления депонированных нейросекреторных веществ в связи с антидиуретической активностью. В. Ф. Майорова через 2 часа после гипофизэктомии находила увеличение количества секрета в ядрах переднего гипоталамуса. По данным Е. И. Зубковой-Михайловой (1964), через 3 часа после рентгеновского облучения увеличивается количество секрета в клетках ядер переднего гипоталамуса и в нейрогипофизе. Через 24 часа после облучения наблюдается уменьшение количества нейросекрета, а через 6—7 суток начинается дистрофия нервных клеток.

Guillemin в 1957 г. показал, что при введении в кровь гистамина резко уменьшается количество нейросекрета в ядрах переднего гипоталамуса. Вместе с тем гистамин стимулирует образование АКТГ, и в это же время изменяется содержание аскорбиновой кислоты в надпочечнике (А. А. Галоян, 1965).

Как сообщает А. А. Галоян (1965), при введении в кровь животным кадмия понижается выработка нейросекрета в клетках переднего гипоталамуса, а затем наступает опустошение нервных клеток и позднее появляются дистрофические изменения в них.

По данным Б. В. Алешина (1965), действие аминазина проявляется снижением кровяного давления, а в нейронах гипоталамуса задерживается нейросекрет (блокада), что свидетельствует об ослаблении выделения секрета. Эти данные согласуются с наблюдениями А. А. Войткевича (1964), также отмечавшего блокирование выведения нейросекрета из нейрогипофиза под влиянием больших доз аминазина. При этом в ядрах гипоталамуса отмечается застой гомориположительного секрета.

Таким образом, скопление зерен и капель секрета в нейронах гипоталамуса может быть показателем усиленного синтеза и накопления его, а также результатом недостаточного выделения его в кровь (блокада). Отсутствие же или уменьшение количества секрета в нейронах гипоталамуса и заднем гипофизе указывает, с одной стороны, на усиленную его мобилизацию и выделение в кровь, с другой — на прекращение или недостаточное

его синтезирование в гипоталамусе, в последнем случае имеют место дистрофические изменения нейронов ядер гипоталамуса.

Резюмируя все изложенное, можно сказать, что при звуковых, световых, электрических раздражителях, общим рентгеновском облучении в первой стадии напряжения количество секрета в гипоталамусе и нейрогипофизе уменьшается (т. е. происходит опорожнение нейрогипофиза); при этом резко нарастает содержание АКТГ в крови.

При хроническом опыте и прекращении воздействия раздражителя при остром опыте постепенно накапливается секрет. При воздействии сверхсильного раздражителя (стрессор) в остром опыте или при недостаточности адаптационных механизмов в хроническом опыте наступает истощение нейросекреторных нейронов с их вакуолизацией и гибелью. В задней доле гипофиза, лишенной секрета, видны расширенные сосуды и сеть питуицитов.

В связи с изложенным представляло большой практический и теоретический интерес изучение процессов, протекающих в системах адаптации при воздействии на организм токсических веществ в малых концентрациях.

В советской промышленной токсикологии накоплено большое количество работ, посвященных важной роли нервной и эндокринной системы в реализации неспецифических реакций (Н. В. Лазарев, 1963; Е. И. Спыну, 1955).

Б. А. Курляндский (1966) показал, что во всех без исключения случаях длительного действия токсических веществ в малых концентрациях у подопытных животных наблюдаются повышенная нейросекреция ядер переднего гипоталамуса, значительное образование нейросекрета в ткани гипоталамуса и нейрогипофиза и активное его выделение в кровь, что по времени совпадает с усилением активности выделения гормона заднего гипофиза, т. е. с повышением содержания АКТГ в крови. Все это свидетельствует о состоянии стимуляции гипоталамо-гипофиз-адреналовой системы.

По данным Б. А. Курляндского (1966), помимо перечисленных выше нарушений, ряд изменений претерпевают и другие показатели: состояние исходящих активизирующих систем, артериального давления, газообмена, некоторых сторон белкового обмена (в особенности гамма-глобулинов).

Исходя из всего изложенного, мы поставили перед собой задачу проследить, как изменяется нейросекреторная деятельность гипоталамуса при длительном (от 4 до 40 недель) облучении животных (40 белых крыс) 10-сантиметровыми волнами малой интенсивности (до 10 мвт/см<sup>2</sup>).

Как описывалось выше, у облученных такими малыми интенсивностями животных температура тела не повышалась, состояние было хорошим, вес прибавлялся. Однако уже спустя 4 недели после начала облучения кровяное давление возрастало, достигая через 8 недель облучения повышения на 13% по сравнению с контролем. Это повышение держалось до 12—14 недель после облучения. В те же сроки у животных обнаружено повышение содержания аскорбиновой кислоты в ткани надпочечников и селезенки. Принимая во внимание, что С. В. Никогосян (1962) и В. А. Сангаевской (1962) у животных при хроническом облучении 10-сантиметровыми волнами подобной же интенсивности обнаружено увеличение 17-кетостероидов в моче, а также аминокислот и остаточного азота в крови, можно было думать об увеличении содержания АКТГ в крови и у наших животных. Все изложенные функциональные сдвиги свидетельствуют о возникновении компенсаторно-приспособительных реакций в организме облученных животных.

При дальнейшем облучении кровяное давление начало снижаться, достигая нормальных цифр (соответствующих таковым у контрольных животных) через 19—20 недель после начала облучения. При продолжении облучения (через 20—26 недель) кровяное давление резко падало, и к 26-й неделе это снижение принимало стойкий характер. Падение давления составляло 14—15% по сравнению с контролем.

Параллельно с функциональными сдвигами у животных гистологически и гистохимически исследовали нейросекреторию в ядрах переднего гипоталамуса и заднем гипофизе. Животных забивали методом декапитации в разные сроки после облучения: первую группу в сроки до 8 недель облучения, вторую — от 8 до 14 недель, третью — от 14 до 20 недель, четвертую — от 20 до 26 недель, животные пятой группы (необлученные) были забиты в те же сроки и служили контролем. Применяли фиксацию в сулеме с формалином (9:1) кусочка, содержащего межзачаточный мозг (гипоталамус вместе с воронкой) и гипофиз. Затем кусочек заливали в парафин. Фронтальные

серийные срезы окрашивали альдегидфуксинном и метиленовым синим по Гомори в модификации Майоровой. Одновременно срезы из этого же кусочка окрашивали и по Нисслю.

При изучении препаратов паравентрикулярного и надоптического ядер гипоталамической области контрольной (пятой) группы можно было видеть, что нейроны переднего гипоталамуса были в разных фазах нейросекреторного цикла. Наблюдалось довольно значительное количество гомориположительных зернышек в протоплазме отдельных нейронов. Они чаще располагались в непосредственной близости от ядра; при этом тигроидная субстанция клетки была оттеснена к периферии. В других клетках отмечалась фаза выведения секрета по аксонам. Гомориположительные зерна секрета скапливались кучками по периферии клетки, чаще около аксона. В единичных нейронах было видно, что почти вся протоплазма занята мелкими гомориположительными зернышками секрета. Иногда в ткани около клеток и среди волокон надоптического или паравентрикулярного ядер можно было наблюдать гомориположительные зерна и капли секрета. Третьи клетки находились в состоянии покоя с небольшим перинуклеарным скоплением секрета, и таких клеток в фазе покоя было больше. При окраске по Нисслю некоторые клетки содержали мелкие вакуоли с зернами секрета. По ходу нервных волокон гипоталамо-гипофизарного тракта среди волокон кое-где хорошо были видны единичные гомориположительные зерна. Подобные же зернышки обнаруживались в небольшом количестве среди питуицитарных волокон задней доли гипофиза. Иногда мелкие зернышки в задней доле гипофиза сливались в крупные скопления (тельца Геринга).

У животных первой группы, которая была облучена в сроки до 8 недель, обнаружено значительное увеличение секреторной деятельности (по сравнению с контролем) нервных клеток паравентрикулярного и надоптического ядер переднего гипоталамуса. Преобладало количество клеток в фазе накопления или выведения секрета, причем можно было наблюдать в динамике все стадии усиленного накопления секрета в нервных клетках гипоталамуса и выделения его в гипофиз. В протоплазме многих нервных клеток перинуклеарно обнаруживалось скопление большого количества гомориположительных зерен, причем иногда протоплазма клетки

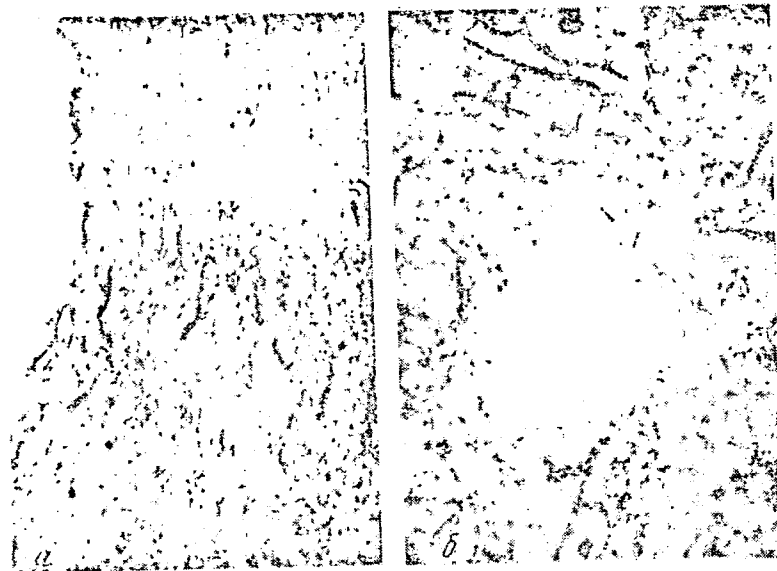


Рис. 23. Нейросекреторная деятельность нервных клеток гипоталамуса при хроническом облучении волнами сантиметрового диапазона. Окраска по Гомори в модификации Майоровой.

*a* — крыса через 3 недели после облучения. Скопление нейросекрета в нервной клетке в паравентрикулярном ядре гипоталамуса, а также скопление глыбок и зерен нейросекрета среди ткани и волокон гипоталамуса по ходу аксонов. Увеличение  $\times 200$ ; *b* — крыса через 4 недели после облучения. Клетка надоптического ядра. Протоплазма клетки и вакуоли по периферии клетки содержат зерна секрета. Выделение секрета в ткань, окружающую клетку. Увеличение  $\times 720$ .

была вся занята этими зернами и ядро оттеснено к периферии (рис. 23, *a*). При окраске по Нисслию в таких клетках явно были видны уменьшение количества тигроидной субстанции и смещение ядра. Ядро и ядрышко были набухшие, активные, с хорошо выраженной оболочкой, в протоплазме клетки были хорошо видны в значительном количестве мелкие вакуоли. Все это говорило об активизации нейросекреторной деятельности нейронов гипоталамуса. Растворения ядер и гибели нервных клеток не отмечалось.

Иногда большое количество секреторных гомориположительных гранул скапливалось около аксона нервной клетки. Много гомориположительных зерен располагалось в ткани среди нервных волокон паравентрикулярно и надоптического ядер по ходу аксонов. Иногда мож-

Рис. 24. Набухание протоплазмы и появление отдельных вакуолей по периферии нервной клетки надоптического ядра гипоталамической области у крысы через 8 недель после облучения. Окраска по Нисслию, увеличение  $\times 600$ .



по было видеть субэпидимарное скопление гомориположительных зерен (рис. 23, *a*). При окраске по Нисслию, многие нервные клетки содержали мелкие вакуоли, как правило, расположенные по периферии клетки. Часть вакуолей была оптически пуста, другая часть содержала по периферии гомориположительный секрет.

В отдельных нервных клетках можно было наблюдать чрезмерное очаговое скопление зерен и глыбок секрета, которые находились в просвете больших вакуолей. В отдельных клетках такие вакуоли лопались и секрет в виде крупных шаровидных капель оказывался в окружающей клетку ткани, среди волокон (рис. 23, *b*). При окраске по Нисслию подобные клетки имели по периферии тела мелкие вакуоли (рис. 24), часть из которых при окраске альдегидфуксином и метилновым синим давала слабо положительную реакцию по Гомори. При этом ядра и ядрышки были набухшие, с хорошо выраженной оболочкой, что свидетельствовало об активной деятельности клетки.

Подобное образование вакуолей описывают А. Л. Поленов, А. В. Левинсон (1952), Bergmann, Hild (1949) и др. как проявление чрезвычайно выраженной секреторной деятельности нервных клеток гипоталамической области.

Guillemín (1961) объясняет такую вакуолизацию репродукцией коллоида и выталкиванием секрета за пределы клетки (выделение секрета по апокриновому типу

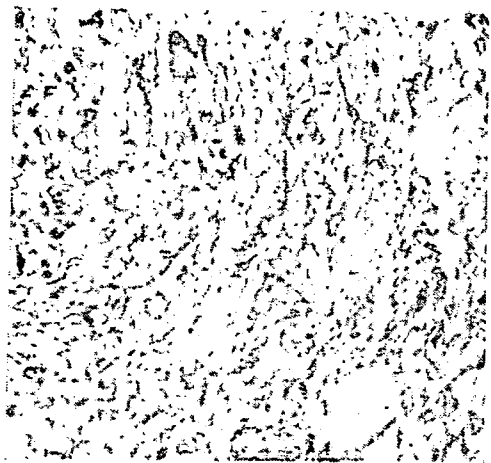


Рис. 25. Нейросекреторная деятельность первичных клеток гипоталамуса при длительном облучении сантиметровыми волнами малой интенсивности. Окраска по Гомори в модификации Майоровой. Крыса через 8 недель после облучения. Большое количество гранул секрета, образующих большие глыбки и капли, располагается по ходу волокон гипоталамо-гипофизарного тракта. Увеличение  $\times 300$ .

с поступлением его в кровь и ликвор). В отдельных клетках после выделения секрета исчезали вакуоли и восстанавливалось нормальное количество тигроидной субстанции. Одновременно рядом с клеткой еще обнаруживался выделенный секрет в виде лежащих экстрацеллюлярно крупных шаровидных капель коллоида. Секреторный же цикл в клетке возобновлялся сначала. Очень редко можно было видеть гибель единичных нейронов и явления кардиоцитоллиза с превращением нейронов в клетки-тени. Это являлось результатом чрезмерной секреторной деятельности нервной клетки. Большое количество секрета обнаруживалось и внутри нейронов. Протоплазма некоторых нейронов буквально была забита зернами секрета. При этом клетки совершенно теряли тигроидную субстанцию. Большое количество гомориположительных зерен обнаруживалось среди волокон гипоталамо-гипофизарного тракта, где зерна секрета имели вид четковидных гомориположительных утолщений аксонов или крупных глыбок и капель, лежащих среди волокон гипоталамо-гипофизарного тракта (рис. 25). По мере продвижения зерен и капель секрета по гипоталамо-гипофизарному тракту количество его непрерывно увеличивалось, что говорит об усиленном синтезе секрета по мере продвижения его к нейрогипофизу.

Большое количество гомориположительных глыбок и зерен выявлялось в заднем гипофизе по ходу питунци-тарных волокон, что говорит о запасных резервах его

в гипофизе. В гипофизе скопления секрета образовывали тельца Геринга. Очень хорошо было видно, как часть глыбок секрета в нейрогипофизе разбивалась на мелкие зернышки, которые оказывались вблизи сосудов в периваскулярной ткани. Иногда можно было видеть капли секрета в сосудах. Это свидетельствовало об увеличении всасывания и поступлении нейросекрета в кровь.

Следовательно, в данной группе животных обнаружены повышенное образование и накопление нейросекрета и вместе с тем начало повышенного выделения его в кровь.

У второй группы животных, забитых в сроки от 8 до 14 недель облучения, в ядрах переднего гипоталамуса и гипофиза была совершенно другая картина.

Нервные клетки переднего гипоталамуса содержали небольшое количество гомориположительного секрета, особенно к концу указанного периода, т. е. количество секрета в нервных клетках переднего гипоталамуса было явно уменьшено по сравнению с предыдущей группой. Большинство нейронов находилось в состоянии покоя. В отдельных нейронах отсутствовал ресинтез секрета, что говорило об истощении нервных клеток в результате чрезмерной деятельности в предыдущий период. В нейрогипофизе также было мало гомориположительных зерен и глыбок, т. е. имело место усиленное всасывание нейросекрета в кровь. Действительно, в периваскулярной ткани даже в просвете многих сосудов гипофиза были видны гомориположительные зерна и капли. Довольно значительное количество гомориположительного секрета обнаружено в аксонах нервных клеток в виде гомориположительных наплывов, капель и зерен по ходу гипоталамо-гипофизарного тракта. Можно было видеть зерна и капли гомориположительного секрета вокруг сосудов и в сосудах нейрогипофиза и даже гипоталамуса, что говорит об усиленном всасывании секрета в кровь и ликвор. Это совпадало с повышенным кровяного давления у данной группы животных и увеличенным содержанием аскорбиновой кислоты в надпочечниках. Следовательно, пониженное содержание нейросекрета в клетках ядер переднего гипоталамуса и нейрогипофиза вместе с повышенным выделением его в кровь, сопровождающееся клинически повышенным кровяного давления и увеличением аскорбиновой кислоты в надпочечниках у животных, облученных 10-сантиметровыми волнами ма-

лой интенсивности, может служить проявлением адаптационно-приспособительной реакции в ответ на облучение микроволнами малой интенсивности.

У животных третьей группы со сроком облучения от 14 до 20 недель отмечалось заметное накопление зерен нейросекрета в клетках ядер переднего гипоталамуса с набуханием ядер и ядрышек, в которых хорошо была выражена оболочка. Многие нейроны находились в состоянии покоя. Картина нейросекреторного цикла во многом напоминала таковую у контрольных животных. В отдельных клетках ядер переднего гипоталамуса содержались гомориположительные зерна секрета. Такие зернышки встречались и среди волокон гипоталамо-гипофизарного тракта, но в значительно меньшем количестве, чем в первой группе. Среди волокон гипоталамо-гипофизарного тракта никогда не обнаруживались крупные глыбки и капли. Найдены лишь мелкие гомориположительные зернышки (рис. 26, а). В заднем гипофизе (в нейрогипофизе) можно было видеть гомориположительные зерна и глыбки, однако в меньшем количестве, чем в предыдущей группе. Одновременно можно было наблюдать в периваскулярной ткани нейрогипофиза мелкие зерна гомориположительного секрета. Все говорило о хорошо выраженной выработке секрета и усиленном всасывании его в кровь. Следовательно, для этой группы животных характерно образование (ресинтез) нейросекрета. Содержание его в клетках гипоталамуса и в нейрогипофизе было таким же, как у контрольных (необлученных) животных. Отмечалось всасывание секрета в кровь, так как гомориположительные зерна секрета обнаруживались в ткани вокруг сосудов и в просвете сосудов. Нормальное содержание нейросекрета в гипоталамусе и нейрогипофизе соответствовало нормализации кровяного давления, обнаруживаемой у данной группы животных. Кое-где наблюдались клетки с мелкими вакуолями. Почти не обнаруживалось значительной вакуолизации нервных клеток и явлений карноцитолита (с образованием клеток-тешей и гибелью нервных клеток).

У животных четвертой группы, забитых через 20—26 недель после облучения, в нейрогипофизе и ядрах переднего гипоталамуса была совершенно другая картина. Наблюдалось резкое уменьшение содержания нейросекрета в нервных клетках и проводящих путях (аксонах), а также резкое снижение секреторной функции

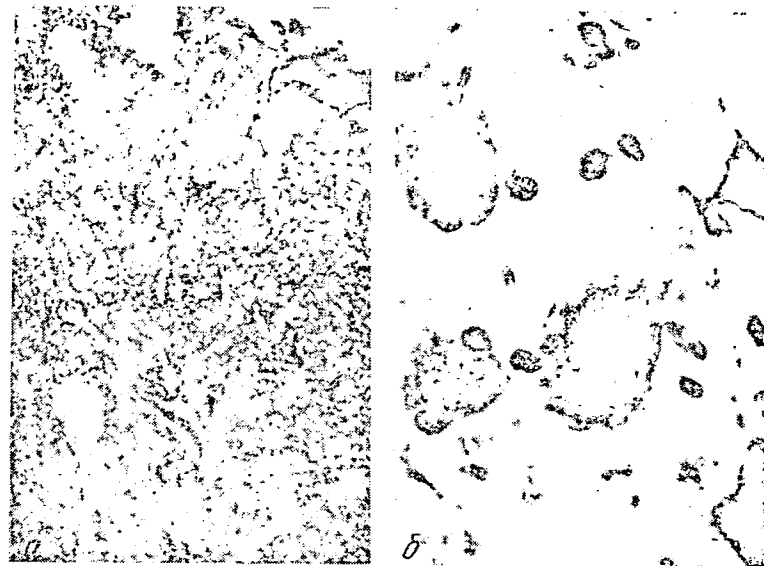


Рис. 26. Нейросекреторная деятельность нервных клеток гипоталамуса при длительном облучении в сантиметровом диапазоне волн малой интенсивности.

а — крыса через 20 недель после облучения. Мелкие гомориположительные зерна среди нервных волокон гипоталамуса. Окраска по Гомори в модификации Майоровой, увеличение  $\times 300$ ; б — крыса через 26 недель после облучения. Выраженная вакуолизация некоторых нейронов гипоталамической области. Потеря оболочки ядра, явления карноцитолита в отдельных нейронах. Окраска по Нисслю, увеличение  $\times 600$ .

нейронов ядер переднего гипоталамуса. По сравнению с контрольной группой здесь было очень заметно ослабление секреторной функции нервных клеток. Лишь кое-где можно было видеть в протоплазме единичных клеток мелкие отдельные гомориположительные зернышки. В гипоталамо-гипофизарном тракте гомориположительных зерен среди волокон было очень мало. Многие нейроны имели неровные, как бы изъеденные контуры (рис. 26, б). От большого количества вакуолей ядра и ядрышки нейронов были сморщенные. Наблюдалось явление карноцитолита. Почти не обнаруживался секрет и в ткани задней доли гипофиза (в нейрогипофизе). Лишь кое-где единичные мелкие гомориположительные зерна содержались в ткани вокруг сосудов. Нейросекрета было значительно меньше, чем у контрольных (необлученных)

животных. Резкое уменьшение нейросекреторной деятельности гипоталамо-гипофизарной системы сопровождалось уменьшением размеров некоторых нервных клеток, значительной вакуолизацией массы нейронов, явлениями карноцитолита клеток и тотального хроматолиза в отдельных нейронах с образованием клеток-теней. При этом ядра и ядрышки были набухшие, с размытыми контурами или сморщенные, что говорило об их гибели. В отдельных нейронах при резко выраженной вакуолизации с изъеденностью контуров клеток наблюдалось также сморщивание или растворение ядра и ядрышка (с потерей оболочки ядер), что свидетельствовало о дистрофических изменениях в отдельных клетках гипоталамической области. У этой группы животных было стойко понижено кровяное давление.

Подытоживая морфологические находки, обнаруженные у животных четвертой группы, подвергнутых хроническому длительному (до 26 недель) облучению 10-сантиметровыми волнами малой интенсивности, можно считать, что все говорит об истощении нейросекреторной системы в целом под влиянием длительного облучения, когда образование и выделение секрета не выражены, а в депо секрета уже нет, так как он ранее всосался в кровь. Новый же секрет в нейрогипофиз не поступает. Клинически у этих животных наблюдалось стойкое понижение кровяного давления.

Изложенное еще не говорит о том, что процесс в гипоталамической области необратим. Дистрофически были изменены лишь единичные нейроны. Основная же масса нейронов при окраске по Нисслю была мало изменена. Отмечалось лишь резкое угнетение секреторной деятельности нейронов переднего гипоталамуса, т. е. имели место функциональные изменения обратимого характера. После прекращения облучения (через 4—8 недель) нейросекреторная деятельность восстанавливалась полностью и соответствовала таковой у контрольных животных; при этом кровяное давление возвращалось к норме.

Подводя итоги эксперимента, можно сказать, что в состоянии животных мы установили три фазы, зависящие от длительности облучения: фазу, сопровождающуюся повышением уровня кровяного давления, фазу его нормализации и фазу его стойкого понижения.

Соответственно этим трем фазам нам удалось выделить и три фазы изменений нейросекреторной функции

гипоталамической области. Первая, начальная фаза делится на два периода: сначала обнаруживается усиленное накопление нейросекрета в клетках супраоптических и паравентрикулярных ядер, затем его усиленное выделение в кровь. Во второй фазе нормализуются образование и выделение секрета и его содержание соответствует таковому у контрольных животных. В третьей фазе резко уменьшаются образование и выделение в кровь нейросекрета и истощается нейросекреторная деятельность с гибелью отдельных нейронов; последнее соответствует фазе снижения уровня кровяного давления. Основываясь на приведенных выше литературных данных, можно предположить, что в первый период первой фазы повышение накопления секрета при действии малых интенсивностей можно считать фазой легкого раздражения с повышением образования секрета. При более длительном воздействии вредного фактора во второй период первой фазы происходит усиленное выделение секрета в кровь — реакция на тревогу, вызванная облучением (реакцией на тревогу или реакцией напряжения Селье называет мобилизацию организма, которая адаптирует организм к действию патогенного фактора). Эта стадия мобилизации показывает, что гипоталамус и нейрогипофиз вместе с аденогипофизом и надпочечником активно участвуют в адаптационно-приспособительных механизмах, включающихся в работу в ответ на длительное облучение радиоволнами.

В результате действия адаптационно-приспособительных механизмов нормализуются процессы в организме (давление возвращается к норме и содержание нейросекрета соответствует таковому у контрольных животных), но эта нормализация не стойкая.

При еще более длительно продолжающемся хроническом облучении наступает момент, когда эти компенсаторно-приспособительные механизмы оказываются недостаточными, вернее, происходит их срыв.

Не исключена возможность торможения секреторной функции гипоталамической области в связи с действием вредного фактора и на кору головного мозга, где возникает торможение, которое распространяется на гипоталамическую область. Это можно предположить, основываясь на данных В. А. Ромасенко (1967) и Э. Л. Гербер (1967), которые у больных психозом с резко выраженным торможением коры с клиническими явлениями



ступора обнаружили истощение секреторной функции гипоталамической области.

В этот период мы наблюдали истощение секреторной деятельности гипоталамуса и нейрогипофиза, а с ними вместе снижалась деятельность аденогипофиза и надпочечников. Однако этот процесс обратим, и через некоторое время после прекращения облучения все описанные изменения могут вернуться к норме.

Вопрос об изменениях нейросекреторной функции гипоталамуса при длительном облучении радиоволнами малой интенсивности представляет большой интерес и требует дальнейших физиологических и гистохимических исследований всей системы в целом (включая гипоталамическую область, задний нейрогипофиз, аденогипофиз и надпочечник). Данное исследование относится к разделу функционально-морфологических и показывает роль функционального состояния секреторных ядер переднего гипоталамуса, а с ним вместе и гипофизарно-надпочечниковой системы, включающихся в работу в качестве адаптационно-приспособительных механизмов в ответ на длительное облучение микроволнами малой интенсивности для поддержания гомеостаза в организме.

Наши данные совпадают с исследованиями П. Д. Горизонтова (1969), показавшего, что под воздействием различных стрессовых факторов (электрический ток, фиксация животных, облучение) реактивность организма меняется в различные периоды экстремального состояния. В начальном периоде речь может идти (как было показано Селье) о стадии мобилизации, которая адаптирует организм к действию патогенного фактора. Затем наступает стадия повышения неспецифической резистентности и, наконец, стадия истощения (П. Д. Горизонтов).

У животных, подвергнутых еще более длительному хроническому облучению (10—12 месяцев) 10-сантиметровыми волнами, кроме описанных выше изменений в тонких образованиях гипоталамуса и нейрогипофиза, обнаружены незначительные дистрофические изменения в мозге в виде набухания отдельных клеток коры, сморщивание с темным окрашиванием других нервных клеток (см. рис. 32, а). Отмечались также возникновение большого количества вакуолей в нервных клетках гипоталамической области и явления кариоцитоллиза с образованием клеток-тешей (см. рис. 33, б). При гистохимическом исследовании кожи найдено уменьшение РНП в поверх-

ностных слоях кожи, в эпидермисе и его дериватах (рис. 34, б). Кроме того, отмечались неравномерное окрашивание, иногда гомогенизация мышечных волокон миокарда (рис. 35, б).

У отдельных животных при еще более длительном (12—15 месяцев) облучении 10-сантиметровыми волнами интенсивностью 10 мвт/см<sup>2</sup>, кроме описанных выше обратимых дистрофических изменений в нервной системе и изменений в миокарде, имелись нерезко выраженные дистрофические изменения в семенниках, которые заключались в дистрофии семяродного эпителия в отдельных трубочках со слущиванием семяродного эпителия в просвет трубочек и образованием пробок (рис. 36, б).

В единичных трубочках наряду со слущиванием семяродного эпителия обнаружены гигантские клетки, свидетельствующие об уродливой регенерации. Однако в основной массе трубочек семенника сперматогенез был сохранен и животные были способны к оплодотворению (проверено в опыте с оплодотворением самок облученными самцами). Через 12—15 месяцев обнаруживались незначительные дистрофические изменения в клетках печени и эпителии извитых канальцев почек: зернистое (белковое) набухание протоплазмы и появление отдельных вакуолей. Наблюдались регенеративные изменения в клетках печени (появление митозов и многоядерных клеток), а также пролиферативная реакция микроглии в мозге (см. рис. 37, б) и ретикуло-эндотелиальных элементов в печени (рис. 38, б), что служит проявлением защитно-приспособительной реакции организма. Несмотря на длительное облучение, животное остается практически здоровым.

При сравнении морфологических изменений, обнаруженных у животных при действии импульсных и непрерывных 10-сантиметровых волн, следует отметить более выраженные изменения при действии импульсных 10-сантиметровых волн.

#### Морфологические изменения при многократном облучении миллиметровыми волнами малой интенсивности

Животные подвергались многократному (на протяжении 10 месяцев) ежедневному одночасовому облучению интенсивностью до 10 мвт/см<sup>2</sup>.

Клинически у животных никаких явлений перегрева не отмечалось, однако температура *in rectum* (как указывалось выше) повышалась на  $0,3^{\circ}$ .

Животные переносили облучение хорошо. Отмечались некоторое отставание в приросте веса облученных животных по сравнению с контрольными и гипотензивный эффект.

При морфологическом исследовании обычными методами у данной группы животных почти никаких дистрофических изменений во внутренних органах и нервной системе не обнаружено.

Однако при применении тонких элективных методов исследования найдены изменения в межнейронных связях коры головного мозга, которые заключались в исчезновении шипиков на верхушечных дендритах отдельных нервных клеток коры головного мозга с появлением четок и неравномерных утолщений на дендритах.

Наблюдались также довольно выраженные изменения чувствительных нервных волокон кожи, которые заключались в усиленной аргирофилии и появлении на них четковидных утолщений и вздутий. Часто встречался распад волокон на фрагменты (рис. 29, *a*). В процесс вовлекались и аксоны более крупных мякотных стволов кожи (см. рис. 29, *b*). Почти полностью отсутствовали изменения чувствительных нервных волокон различных рецепторных зон внутренних органов (рис. 30, *a*). Одновременно обнаруживались изменения в нервных клетках чувствительных спинномозговых узлов в виде набухания протоплазмы с растворением тигроидного вещества в центре и эктопии ядер (рис. 31, *a*), что указывает на обратимые изменения нервных клеток чувствительных спинномозговых узлов, возникающие вследствие рефлекторного раздражения чувствительных нервных волокон кожи. Это можно предполагать потому, что, согласно литературным данным, миллиметровые волны затухают в коже и не распространяются в глубь тканей организма.

При продолжении облучения появлялись изменения в нервных клетках коры головного мозга в виде сморщивания отдельных групп нейронов с темным окрашиванием их протоплазмы. Отмечалось также набухание протоплазмы с появлением единичных вакуолей в отдельных нейронах гипоталамической области (рис. 33, *a*) и уменьшение содержания рибонуклеопротеидов в нервных клет-

ках. Гистохимические изменения в коже заключались в уменьшении количества РНП в верхних слоях кожи, клетках эпидермиса и его дериватах (рис. 34, *a*).

Следовательно, при действии радиоволн малой интенсивности изменения в межнейронных связях коры мозга, гистохимические изменения в коже и изменения чувствительных нервных волокон кожи наступали раньше обычных морфологических изменений, т. е. когда обычными гистологическими методами еще нельзя выявить изменений в организме. Позднее обнаружено набухание и неравномерное окрашивание мышечных волокон миокарда (рис. 35, *a*).

Несколько уменьшалось содержание РНП в семяродном эпителии. В отдельных трубочках, чаще под капсулой семенника, обнаружена вакуолизация протоплазмы клеток семяродного эпителия со сморщиванием ядер. Изредка возникал некроз трубочек, особенно под капсулой семенника (см. рис. 36, *a*). При длительном облучении и под капсулой иногда обнаруживались трубочки со сморщиванием семяродного эпителия в просвет трубочек и выпадением белковых масс.

Позднее найдена небольшая зернистая (белковая) дистрофия отдельных клеток печени и эпителия отдельных извитых канальцев почек.

Таким образом, при слабо выраженных дистрофических изменениях во внутренних органах и нервной системе, выявляемых обычными морфологическими методами, у животных данной группы тонкими методами исследования найдены более отчетливо выраженные изменения в нервной системе (особенно в нервных чувствительных волокнах кожи и межнейронных связях коры головного мозга). Наиболее резкими были изменения в коже, где обнаружены и гистохимические нарушения в виде уменьшения количества РНП.

Характерными морфологическими изменениями для данной группы животных являются небольшая пролиферация микроглии в мозге (преимущественно вокруг сосудов) (см. рис. 37, *a*) и разрастания ретикуло-эндотелиальных элементов печени (см. рис. 38, *a*).

Следовательно, возникающие в ответ на длительное раздражение миллиметровыми волнами небольшой интенсивности незначительные дистрофические изменения в нервной системе, внутренних органах и коже сопровождаются пролиферацией микроглии в мозге и ретикуло-

эндотелиальных элементов печени. Проллиферативные изменения служат проявлением защитно-приспособительных процессов в организме.

Сравнение морфологических изменений при длительном повторном воздействии 10-сантиметровых и миллиметровых волн позволяет отметить, что дистрофические изменения во внутренних органах более резко выражены при действии 10-сантиметровых волн, а гистохимические изменения кожи и изменения чувствительных нервных волокон ее сильнее проявляются при действии миллиметровых волн.

Отмеченные выше преимущественные изменения чувствительных нервных волокон кожи и гистохимические изменения в ней, очевидно, обусловлены воздействием определенной длины волны, так как миллиметровые волны поглощаются в поверхностных слоях кожи и не проникают в глубоко расположенные ткани. Можно предположить, что дистрофические и пролиферативные изменения во внутренних органах и центральной нервной системе при воздействии миллиметровых волн связаны с нервнорефлекторными механизмами. Это положение подтверждают также явления раздражения в нервных клетках спинномозговых чувствительных узлов.

#### Морфологические изменения при многократном облучении дециметровыми волнами малой интенсивности

Животные подвергались длительному повторному облучению дециметровыми волнами интенсивностью до 10 мвт/см<sup>2</sup> по 60 минут ежедневно на протяжении 10 месяцев (220 сеансов). Животные переносили облучение хорошо, явлений перегрева не было. Однако у них наблюдались изменения в высшей нервной деятельности, особенно резко выраженные и рано возникающие у крыс, чувствительных к звуковому раздражению, гипотензивный эффект, отставание в приросте веса по сравнению с контрольными животными.

При исследовании обычными морфологическими методами у животных данной группы во внутренних органах и нервной системе сосудистых расстройств и дистрофических изменений почти не выявлено. При применении тонких электрофизиологических методов обнаружены изменения со стороны сложных образований



Рис. 27. Сравнительная характеристика изменений аксодендральных межнейронных связей в коре головного мозга при длительном облучении в различных диапазонах волн малой интенсивности. Окраска по Гольджи.

а — резкая деформация верхушечных дендритов с появлением четок. Длительное облучение волнами сантиметрового диапазона. Увеличение  $\times 400$ ; б — четковидная деформация верхушечных дендритов пирамидных нейронов коры при длительном облучении в дециметровом диапазоне волн малой интенсивности. Увеличение  $\times 360$ .

нервной системы: межнейронных связей коры головного мозга и чувствительных нервных волокон рецепторных зон внутренних органов. Изменения заключались в исчезновении шипиков на дендритах отдельных нервных клеток коры головного мозга с появлением четок и неравномерных утолщений на дендритах (рис. 27, б). В чувствительных нервных волокнах кожи изменения не обнаружены (см. рис. 29, а), но в чувствительных нервных волокнах рецепторных (рефлексогенных) зон внутренних органов (миокард, аорта, пищевод, кишка, желудок, мочевого пузыря) отмечались выраженные явления раздражения и дистрофические изменения (см. рис. 30, в). Изменения заключались в усиленной аргирофилии нервных

волокон, извитости их, появлении на них четковидных утолщений и натеков аксоплазмы, а иногда в распаде волокон на фрагменты. Следовательно, преимущественного поражения чувствительных нервных волокон кожи не происходило.

При дальнейшем облучении в нервной системе наблюдалось набухание (с появлением вакуолей) протоплазмы отдельных клеток коры и подкорковых узлов, наиболее выраженное в гипоталамической области (см. рис. 33, в).

Гистохимически обнаружено уменьшение содержания РНП в протоплазме клеток органов, в норме богатых РНП (эпителий бронхов, железистый эпителий желудочно-кишечного тракта). Содержание рибонуклеопротеидов в коже не уменьшалось (см. рис. 34, в). В миокарде отмечены набухание, неравномерное окрашивание и гомогенизация отдельных мышечных волокон (см. рис. 35, в). У части животных при более длительном облучении возникли дистрофические изменения в семяродном эпителии отдельных трубочек семенников, причем происходила десквамация семяродного эпителия в просвет трубочек с образованием пробок (рис. 36, в). В других трубочках обнаружены гигантские клетки, служащие проявлением уродливой регенерации. Однако были поражены лишь отдельные трубочки, а в основной массе трубочек сохранен нормальный сперматогенез. Животные были способны к оплодотворению (проверено оплодотворением самок облученными самцами).

Наблюдалась небольшая зернистая (белковая) дистрофия отдельных печеночных клеток и эпителия отдельных извитых канальцев почек. В печени, кроме того, обнаружена мелкокапельная жировая дистрофия отдельных печеночных клеток.

На фоне отмеченных выше незначительных дистрофических изменений в мозге происходило очаговое и диффузное размытие клеток микроглии, преимущественно вокруг сосудов (см. рис. 37, в). Отростки микроглиоцитов были с начальными признаками дистрофии. Найдена небольшая гиперплазия ретикуло-эндотелиальных элементов в печени, иногда с образованием субмиллярных гистиоцитарных узелков (см. рис. 38, в). В легких увеличивалось количество круглоклеточных элементов вокруг сосудов (по сравнению с нормой). Необходимо подчеркнуть, что наряду с явлениями раздражения в тонких образованиях нервной системы (межнейронные свя-

зи, чувствительные нервные волокна различных рецепторных зон внутренних органов) и постепенно нарастающими дистрофическими изменениями во внутренних органах и семенниках также постепенно усиливалась пролиферация микроглии в мозге и ретикуло-эндотелиальных элементов в печени.

При сравнении морфологических изменений, обнаруживаемых у животных при действии всех диапазонов микроволн малой интенсивности, в первую очередь необходимо подчеркнуть, что выявлено вредное воздействие малых интенсивностей облучения, не вызывающих термогенного эффекта.

Этим самым не подтверждается точка зрения об исключительно тепловом действии микроволн, столь распространенная в прошлом среди отечественных исследователей и сохранившаяся в значительной мере за рубежом.

В нашем эксперименте основное внимание уделялось хроническому воздействию микроволн малой интенсивности, выявлению наиболее ранних реакций организма, характеру и степени выраженности в зависимости от диапазона волн.

Весьма чувствительны к воздействию микроволн центральная нервная система и особенно ее высшие отделы, что выражается в нарушении условнорефлекторной деятельности (ослабление процесса возбуждения и развития запредельного торможения) и сопровождается изменением в структуре межнейронных аксодендральных и аксосоматических связей в мозге. Кроме того, выявлены изменения в чувствительных нервных волокнах кожи и внутренних органов.

Снижение возбудимости и ослабление тормозного процесса наблюдались у облученных крыс, чувствительных к звуковому раздражителю.

Ранние реакции центральной нервной системы на микроволновое облучение удалось наблюдать с помощью регистрации биопотенциалов мозга, а анализ соотношений между интенсивностью облучения и латентным периодом позволил построить кривую чувствительности центральной нервной системы кроликов к воздействию микроволн различных диапазонов, которая по характеру близка к кривой чувствительности Гюорвега-Вейса для электрического тока и кривой Цинниа и Григорьева (1960) для ионизирующих излучений.

Реакцией, в определенной мере специфичной для воздействия микроволн, является снижение уровня кровяного давления. Выраженность, время появления и характер сосудистой реакции зависят от диапазона волн и интенсивности облучения.

Функциональные сдвиги, вызванные воздействием микроволн различных диапазонов, однотипны, но отличаются степенью выраженности, временем проявления, а иногда течением реакции, особенно в начальном периоде хронического воздействия. В этом периоде (первая фаза) часто наблюдается повышение возбудимости нервной системы, гипертензия, повышение активности холинэстеразы в крови и органах. Вторая фаза характеризуется угнетением функционального состояния центральной нервной системы и в первую очередь ее высших отделов, гипотензивным эффектом, снижением ферментной активности, выраженными морфологическими изменениями со стороны центральной нервной системы.

В зависимости от диапазона микроволн изменяется степень выраженности реакции.

Как нам удалось установить, выраженность реакции центральной нервной системы на микроволновое облучение малой интенсивности чаще всего снижается с укорочением длины волн, в то время как выраженность ваготонических реакций повышается.

Представляется возможным связать эту зависимость с глубиной проникновения и поглощения в тканях микроволн различных диапазонов. Можно предположить, что гипотензивный эффект, наиболее выраженный при облучении миллиметровыми волнами, реализуется главным образом за счет действия на кожные чувствительные нервные волокна и рефлекторного влияния на сосудистый тонус. В то же время реакция нервной системы, которая выражена значительно при действии сантиметровых и дециметровых волн, может осуществляться в основном в результате непосредственного влияния на структуры мозга.

Наличие кумуляции эффекта микроволнового облучения малой интенсивности не вызывает сомнений. Повторные воздействия приводят к постепенному усилению наблюдаемых изменений.

Об этом свидетельствуют постепенно развивающиеся и углубляющиеся нарушения условно-рефлекторной деятельности животных, изменения реакций животных, осо-

бо чувствительных к звуковому раздражению, гемодинамические изменения (гипотония, снижение активности холинэстеразы в крови и органах).

Функциональные изменения, наблюдаемые при хроническом воздействии микроволн малой интенсивности, обратимы.

Характер генерации энергии СВЧ — импульсный или непрерывный — не отражается на конечном эффекте, вызываемом микроволновым облучением малой интенсивности.

При хроническом облучении микроволнами малой интенсивности параллельно с функциональными изменениями в нервной системе обнаружены обратимые морфологические изменения в межнейронных аксодендральных и аксосоматических связях мозга (синапсах) и изменениях в чувствительных нервных волокнах различных рецепторных зон кожи и внутренних органов. Координированная деятельность чувствительных нервных волокон с их окончаниями — рецепторами различных рецепторных зон помогает поддерживать постоянство внутренней среды организма. Позднее обнаруживаются обратимые изменения в нейросекреторной деятельности гипоталамо-гипофизарной системы, которая служит для осуществления адапционно-приспособительных реакций организма в ответ на вредное воздействие радиоволн. Полученные морфологические данные о функциональном изменении нейросекреторной деятельности гипоталамуса совпадают с клиническими проявлениями сначала в виде подергивания, а затем падения кровяного давления у животных. При более длительном облучении возникают дистрофические изменения в миокарде в виде неравномерной окрашиваемости и гомогенизации отдельных мышечных волокон.

При длительном хроническом облучении обнаруживаются дистрофические изменения семяродного эпителия в отдельных трубочках семенников. Однако сперматогенез в основной массе трубочек хорошо выражен и способность к оплодотворению у животных сохранена (проверено оплодотворением самок облученными самцами).

Позднее возникают слабо выраженные дистрофические изменения в печени и почках, сопровождающиеся регенеративными изменениями, а также пролиферацией микроглии в мозге и ретикуло-эндотелиальных элементов печени, что служит проявлением защитно-приспособительной реакции организма.

## Глава 2

### МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ У ЖИВОТНЫХ ПРИ МНОГОКРАТНОМ ОБЛУЧЕНИИ УКВ МАЛОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

При длительном (в течение 1½ и 5 месяцев) облучении УКВ 69,7 Мгц малой интенсивности 150 в/м животные чувствовали себя хорошо, явлений перегревания не отмечалось.

При микроскопическом исследовании обнаружены нерезко выраженные изменения в нервной системе, которые заключались в усиленной аргирофилии, неравномерных утолщениях и извитости чувствительных нервных волоконцев кожи и внутренних органов (см. рис. 29, д и 30, е). Преимущественного поражения чувствительных нервных волоконцев кожи или внутренних органов не установлено.

Обнаруживались сморщивание с темным окрашиванием нервных клеток коры (см. рис. 32, б), вакуолизация и нередко явления кардиоцитолита в нервных клетках гипоталамической области (см. рис. 33, г), неравномерное окрашивание и гомогенизация отдельных мышечных волокон миокарда. У некоторых крыс имелись дистрофические изменения в семяродном эпителии отдельных трубочек семенников, иногда с образованием гигантских клеток, служащих показателем уродливой регенерации (рис. 36, з).

Дистрофические изменения во внутренних органах были нерезко выражены и заключались в зернистой, а иногда мелкокапельной жировой дистрофии отдельных групп печеночных клеток и зернистой (белковой) дистрофии эпителия некоторых извитых канальцев. Одновременно с небольшими дистрофическими изменениями во внутренних органах отмечались пролиферативные изменения в виде гиперплазии микроглии в мозге и ретикуло-эндотелиальных элементов в печени, иногда с образованием гистiocитарных узелков (см. рис. 38, з), гиперплазией круглоклеточных элементов вокруг сосудов легких в виде муфт.

При меньшей продолжительности облучения описанные выше изменения выражены менее резко.

При длительном повторном (в течение 5 месяцев) облучении животных электромагнитными волнами 155 Мгц в импульсном и непрерывном режимах генерации при ин-

тенсивности 25—50 в/м и 191 Мгц при интенсивности 10—20 в/м температура тела у животных не повышалась. Клинически обнаружены функциональные нарушения в виде понижения уровня кровяного давления, изменения биоэлектрической активности мозга и условнорефлекторной деятельности.

При морфологическом исследовании найдены сморщивание отдельных нервных клеток коры головного мозга (см. рис. 32, в), небольшая вакуолизация протоплазмы клеток гипоталамической области, усиленная аргирофилия и неравномерные утолщения чувствительных нервных волоконцев рецепторных зон кожи и внутренних органов, а также незначительные дистрофические изменения мышечных волокон миокарда.

У отдельных животных была нерезко выражена дистрофия семяродного эпителия отдельных трубочек семенников с образованием гигантских клеток уродливой регенерации (см. рис. 36, д), но в основной массе трубочек сперматогенез был сохранен и животное было способно к оплодотворению. На фоне нерезких дистрофических изменений в нервной системе и внутренних органах (белковая дистрофия клеток печени и эпителия извитых канальцев почки) отмечена пролиферация микроглии в мозге и ретикуло-эндотелиальных элементов в печени.

Все дистрофические и пролиферативные изменения были резко выражены у животных, облученных в диапазоне 191 Мгц интенсивностью 20 в/м по сравнению с диапазоном 155 Мгц интенсивностью 50 в/м.

Морфологические изменения при облучении УКВ в диапазоне 191 и 155 Мгц более резко выражены, чем при облучении в диапазоне 69,7 Мгц. Все описанные изменения усиливались с увеличением сроков облучения. Однако после прекращения облучения электромагнитным полем УКВ морфологические изменения в значительной степени подвергались обратному развитию.

Таким образом, при хроническом облучении животных УКВ в диапазоне 191 и 155 и 69,7 Мгц интенсивностями, не вызывающими теплового действия (20—10 и 150 в/м), найдены нерезко выраженные дистрофические изменения в нервной системе (главным образом в клетках коры и гипоталамической области, чувствительных нервных волоконцах кожи и внутренних органов), мышечных волоконцах миокарда и паренхиматозных элементах семенников, печени и почек.

Обнаруженные дистрофические изменения нарастают вместе с продолжительностью сроков облучения и после прекращения облучения постепенно подвергаются обратному развитию. Это совпадает с клиническими явлениями восстановления функциональных сдвигов.

Дистрофические изменения в нервной системе и внутренних органах сопровождаются размножением микроглии в мозге и ретикуло-эндотелиальных элементов в печени, что служит проявлением защитно-приспособительной реакции.

Наибольшая выраженность морфологических изменений наблюдается в диапазоне 191 Мгц, затем в диапазоне 155 Мгц и менее всего в диапазоне 69,7 Мгц.

### Глава 3

#### МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ У ЖИВОТНЫХ ПРИ МНОГОКРАТНОМ ОБЛУЧЕНИИ КВ МАЛОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

При длительном (в течение 5 месяцев) повторном облучении КВ малой интенсивности 2250 в/м у животных явлений перегрева не обнаружено. Животные забиты в хорошем состоянии. При микроскопическом исследовании отмечены незначительно выраженные дистрофические изменения в нервной системе. В чувствительных нервных волокнах кожи и внутренних органов найдены усиленная аргирофилия и неравномерные утолщения и натёки аксоплазмы (см. рис. 30, д). Явлений распада нервных волокон не наблюдалось. Выявить преимущественное поражение нервных волокон кожи или внутренних органов не удалось. В коре головного мозга имели место сморщивание с темным окрашиванием отдельных групп нейронов (см. рис. 32, г) и вакуолизация протоплазмы нервных клеток гипоталамической области, изредка с явлениями кариоцитоллиза (см. рис. 33, д). Обнаружены слабые дистрофические изменения в виде неравномерной окрашиваемости мышечных волокон миокарда. При более длительном облучении возникали нерезкие дистрофические изменения семяродного эпителия в отдельных трубочках, иногда с отложением белковых масс в просвете единичных канальцев. Однако в основной массе трубочек сперматогенез был сохранен. При менее длительном облучении животных (1½ месяца) все перечисленные измене-

ния выражены менее резко. Во внутренних органах обнаружены изменения в виде жировой дистрофии отдельных групп печеночных клеток и зернистой (белковой) дистрофии эпителия отдельных извитых канальцев почек, а также размножение ретикуло-эндотелиальных элсментов в печени, иногда с образованием гистiocитарных узелков (см. рис. 38, д), размножение круглоклеточных элементов вокруг сосудов в легких.

Следовательно, при длительном хроническом повторном облучении небольшими интенсивностями КВ сроком до 5 месяцев в нервной системе возникали сморщивание клеток коры и вакуолизация протоплазмы клеток гипоталамической области, явления раздражения и дистрофические изменения в чувствительных нервных волокнах рецепторных зон кожи и внутренних органов. Патоморфологические изменения в нервной системе совпадали с клиническими проявлениями у животных (падение уровня кровяного давления, снижение чувствительности крыс к звуковому раздражителю и депрессия биотоков мозга).

Отмечались начальные дистрофические изменения семяродного эпителия отдельных трубочек семенников с сохранением сперматогенеза в основной массе семенных канальцев, что совпадало с сохранением способности к оплодотворению у животных.

Во внутренних органах обнаруживались нерезкие дистрофические изменения, которые сопровождались пролиферативными процессами со стороны ретикуло-эндотелиальных элементов в печени.

При сравнении действия УКВ и КВ отмечалась одинаковая направленность патологического процесса, однако при действии УКВ все изменения были более резко выражены.

### Глава 4

#### МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ У ЖИВОТНЫХ ПРИ МНОГОКРАТНОМ ОБЛУЧЕНИИ СРЕДНИМИ ВОЛНАМИ МАЛОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Изучались морфологические изменения у животных, подвергнутых 10-месячному облучению электромагнитным ВЧ полем (электрическая составляющая 180 в/м, магнитная 50 а/м).

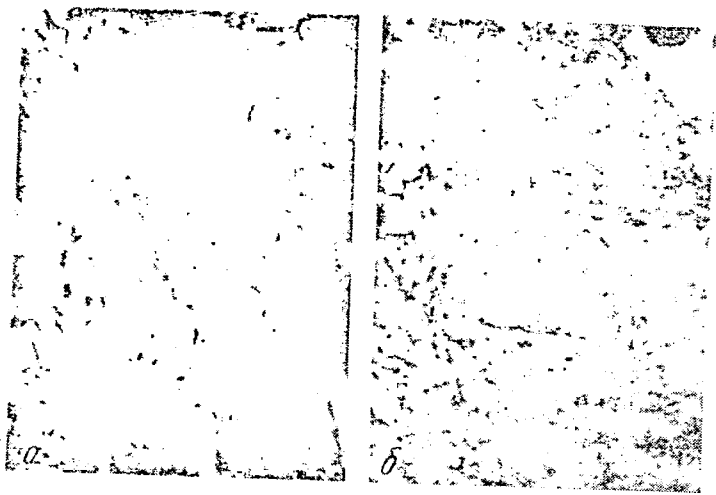


Рис. 28. Сравнительная характеристика изменений синаптических аппаратов нервных клеток гипоталамической области при длительном облучении в различных диапазонах волн малой интенсивности. Окраска по Кахалию, увеличение  $\times 540$ .

*a* — булавовидные утолщения и усиленная аргирофилия синаптических пучков и отслоение их от тела нервных клеток гипоталамической области при длительном облучении в сантиметровом диапазоне волн малой интенсивности; *b* — усиленная аргирофилия концевых пучков и утолщение синаптических колечек с частичным отслоением их от тела нервной клетки при длительном облучении в диапазоне ВЧ (магнитное поле).

При микроскопическом исследовании на фоне незначительных сосудистых расстройств обнаружены умеренные дистрофические изменения в мозге в виде нарушения аксосоматических синапсов (рис. 28, б). Наряду с этим в чувствительных нервных волокнах кожи и внутренних органах найдены явления раздражения. Отмечалось преимущественное поражение чувствительных волокон внутренних органов в виде повышенной аргирофилии и появления неравномерных утолщений (рис. 30, e). В чувствительных нервных волокнах кожи изменения значительно меньше выражены (рис. 29, e). Найдены сморщивание нервных клеток коры (рис. 32, д) с извитостью их верхушечных дендритов, а в гипоталамической области вакуолизация протоплазмы нервных клеток и явления карноцитолита в отдельных нейронах (рис. 33, e).

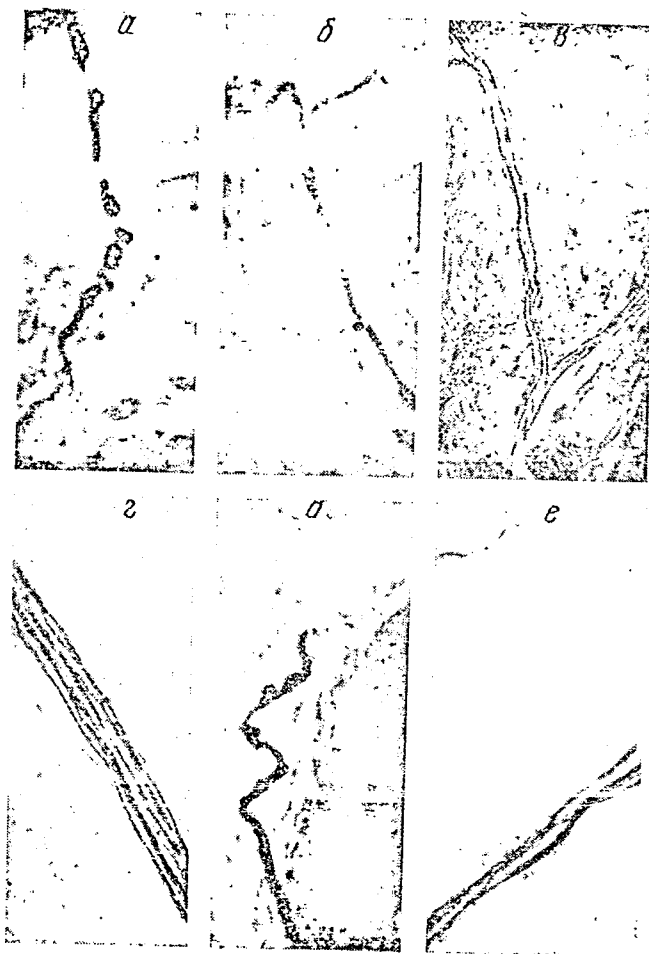


Рис. 29. Сравнительная характеристика изменений чувствительных волокон рецепторных зон при облучении в разных диапазонах волн малой интенсивности. Окраска по Бильшовскому — Грос.

*a* — резко выраженная аргирофилия и распад на фрагменты чувствительного нервного волокна кожи при длительном облучении в миллиметровом диапазоне волн малой интенсивности. Увеличение  $\times 400$ ; *b* — аксоны нервного микотного волокна в коже имеют неравномерные вздутия и утолщения, резко аргирофильны. Длительное облучение в миллиметровом диапазоне волн малой интенсивности. Увеличение  $\times 300$ ; *c* — усиленная аргирофилия, неравномерные утолщения и извитость нервного волокна кожи при длительном облучении в сантиметровом диапазоне волн малой интенсивности. Увеличение  $\times 400$ ; *d* — неизменные тонкие и нежные чувствительные волокна кожи при длительном облучении в дециметровом диапазоне волн малой интенсивности. Увеличение  $\times 400$ ; *e* — повышенная аргирофилия, неравномерные утолщения и вздутия нервного волокна кожи при длительном облучении в диапазоне УКВ малой интенсивности. Увеличение  $\times 400$ ; *f* — тонкие нервные волокна кожи местами с незначительными утолщениями при длительном облучении в диапазоне ВЧ (магнитное поле). Увеличение  $\times 400$ .



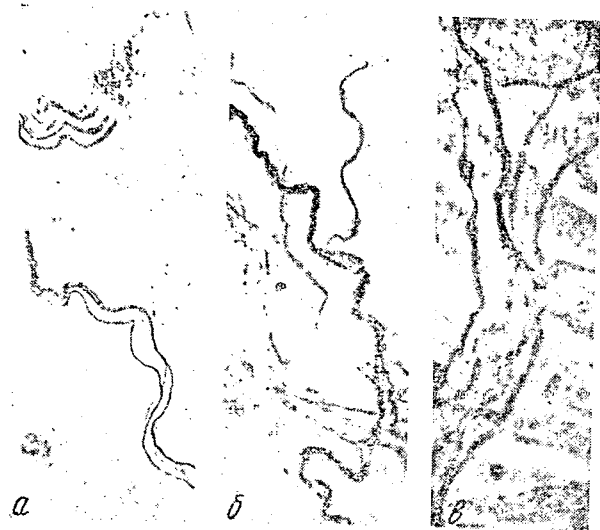


Рис. 30. Сравнительная характеристика изменений чувствительных волокон рецепторных зон внутренних органов при длительном облучении в различных диапазонах волны малой интенсивности. Окраска по Бильшовскому — Грос, увеличение  $\times 400$ .

*a* — почти неизмененные чувствительные волокна аорты при длительном облучении миллиметровыми волнами малой интенсивности; *b* — повышенная аргирофилия и неравномерные утолщения чувствительных волокон пищевода при длительном облучении сантиметровыми волнами малой интенсивности; *e* — усиленная аргирофилия, неравномерные утолщения чувствительных волокон миокарда при длительном облучении дециметровыми волнами малой интенсивности;

В мышечных волокнах миокарда происходили начальные дистрофические изменения в виде неравномерной окрасиваемости и гомогенизации.

У некоторых животных были нерезко выражены дистрофические изменения в семяродном эпителии отдельных трубочек семенников с появлением гигантских клеток уродливой регенерации (рис. 36, *e*). Однако сперматогенез в основной массе трубочек был хорошо выражен. Эти данные совпадают с сохранением у животных при жизни способности к оплодотворению, проверенной оплодотворением самок.

Изменения во внутренних органах слабо выражены в виде зернистой (белковой) или мелкокапельной жировой дистрофии отдельных печеночных клеток и зернистой дистрофии эпителия отдельных извитых канальцев почки.



Рис. 30. Сравнительная характеристика изменений чувствительных волокон рецепторных зон внутренних органов при длительном облучении в различных диапазонах волны малой интенсивности. Окраска по Бильшовскому — Грос, увеличение  $\times 400$ .

*z* — резко выраженная аргирофилия, неравномерные утолщения чувствительного волокна миокарда при длительном облучении в диапазоне УКВ малой интенсивности; *d* — резко выраженная аргирофилия, неравномерные утолщения чувствительного волокна миокарда при длительном облучении в диапазоне КВ малой интенсивности; *e* — резко выраженная аргирофилия, неравномерные утолщения нервного волокна миокарда (около аорты) при длительном облучении в диапазоне ВЧ малой интенсивности.

Вместе с небольшими дистрофическими изменениями в нервной системе и внутренних органах обнаруживались пролиферативные процессы со стороны микроглии в мозге, ретикуло-эндотелиальных элементов в печени (у отдельных животных с образованием гистиоцитарных узелков в печени). Сравнительно морфологические изменения при облучении магнитным и электрическим полями ВЧ, необходимо отметить более выраженные сосудистые расстройства и дистрофические изменения во внутренних органах при облучении в магнитном ВЧ поле.

Таким образом, при облучении белых крыс в течение 10 месяцев в электрическом ВЧ поле (напряжение 1800 в/м) и в магнитном ВЧ поле (напряжение 5 а/м) происходили умеренные дистрофические изменения в нервной системе (особенно в клетках коры и гипоталамической области) и в чувствительных нервных волокнах.

цах внутренних органов). Обнаружены дистрофические изменения в семяродном эпителии семенников, умеренные сосудистые расстройства и небольшие начальные дистрофические изменения в паренхиматозных органах.

Дистрофические изменения в нервной системе и внутренних органах сопровождались пролиферацией ретикуло-эндотелиальных элементов, что служит проявлением защитно-приспособительных процессов.

При сравнении морфологических изменений, обнаруженных при облучении малой интенсивности электрическим и магнитным ВЧ полями, с изменениями при облучении КВ и УКВ и СВЧ можно отметить общую направленность патологического процесса при действии малой интенсивности СВЧ, УКВ и ВЧ полей, однако средние волны вызывают менее резко выраженные морфологические изменения, чем облучения СВЧ, УКВ и КВ.

## Глава 5

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ МНОГОКРАТНОМ ДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНОВ РАДИОВОЛН (МКВ, УКВ, КВ И СРЕДНИЕ ВОЛНЫ) МАЛОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Исследования, посвященные изучению морфологических изменений при хроническом действии электромагнитных волн радиочастот малой интенсивности (не оказывающей теплового эффекта) представляют особый интерес, потому что именно с такими интенсивностями облучения имеют дело рабочие в производственных условиях.

При изучении действия СВЧ животных подвергали многократному облучению микроволнами малой интенсивности (10 мвт/см<sup>2</sup>) по 60 минут ежедневно на протяжении 5—15 месяцев.

Проведены также опыты при ежедневном в течение 5 месяцев облучении УКВ интенсивностью 150 в/м (69,7 Мгц), 50—25 в/м (155 Мгц) и 20—10 в/м (191 Мгц). При изучении влияния КВ ежедневно в течение 5 месяцев производилось облучение интенсивностью 2250 в/м в течение 10 месяцев в электрическом и магнитном ВЧ поле напряжением 1800 в/м и 50 а/м. Всего под опытом было 243 животных.

Представляло интерес сопоставление физиологических и морфологических изменений в различных органах и системах при действии различных диапазонов радиоволн малой интенсивности.

Животные переносили облучение хорошо, явления перегрева не наблюдались. Однако отмечались небольшое отставание в весе облученных животных по сравнению с контрольными и некоторые функциональные сдвиги.

Последние в основном однотипны при воздействии различных диапазонов радиоволн, хотя степень выраженности их неодинакова.

Функциональные сдвиги могут наблюдаться на различных уровнях жизнедеятельности (субклеточном, клеточном, органном, системном).

Не вдаваясь в детали, отметим, что в связи с различной чувствительностью разных систем к воздействию радиоволн не представляется возможным говорить о едином пороге биологической реакции на облучение.

Однако, очевидно, что за основу для характеристики пороговых реакций необходимо брать показатели реакций со стороны возбудимых систем, т. е. нейрофизиологические данные.

Исследования в этом направлении начаты и служат предметом наших дальнейших работ. Уже есть основания ориентировочно полагать, что пороговые интенсивности облучения для нервной системы в диапазоне микроволн находятся в пределах нескольких мквт/см<sup>2</sup>, а в диапазоне УКВ — единиц в/м.

Дальнейшие исследования должны позволить уточнить пороги применительно к двум задачам:

- 1) дифференцированной оценки физиологических (в частности, приспособительных) реакций;
- 2) дифференцированного подхода к порогам однократного и хронического действия радиоволн.

При морфологическом исследовании группы животных, подвергнутых воздействию микроволн интенсивностью до 10 мвт/см<sup>2</sup> и забитых через 4—10 месяцев методом декапитации, обычными морфологическими методами сосудистых расстройств и дистрофических изменений не выявлено. Однако при более тонком гистологическом и гистохимическом исследовании с применением электролитических методов изучения нервной системы при длительном облучении малыми интенсивностями, не оказывающими теплового эффекта, отмечены начальные функцио-

нальные изменения в первую очередь в нервной системе, соответствующие физиологическим изменениям со стороны нервной системы, обнаруживаемым клинически. Прежде всего при длительном облучении малыми интенсивностями происходили изменения в межнейронных аксодендральных связях (тонких синаптических образованиях) коры, являющихся рецепторными аппаратами коры. Они заключались в огрубении, а иногда исчезновении шипиков на верхушечных дендритах и появлении четкой деформации дендритов (рис. 27, а, б). Эти изменения совпадали с нарушением условнорефлекторной деятельности животных и служили проявлением ранней обратимой реакции в коре головного мозга, которая исчезала вместе с восстановлением условных рефлексов после прекращения облучения.

Четковидная деформация верхушечных дендритов пирамидных нейронов коры была одинаково выражена во всех диапазонах волн.

При более длительном облучении обнаружены также нарушения в синаптических связях нижележащих отделов нервной системы (в подкорковых узлах, таламо-гипоталамической области — в аксосоматических межнейронных связях) в виде утолщения, огрубения концевых луговок и отслоения их от тела нервных клеток (см. рис. 28, а, б). При прекращении облучения эти изменения исчезали и синаптические образования возвращались к норме. Очень рано обнаруживались также выраженные явления раздражения в чувствительных нервных волокнах кожи (рис. 29, а, б, в, г, д, е) и внутренних органов в виде извитости, усиленной аргирофилии, неравномерных утолщений нервных волоконцев (рис. 30, а, б, в, г, д, е). При этом наблюдалась ясная разница в действии волн различных диапазонов, т. е. при малой интенсивности облучения, как и при большой, имелись некоторые особенности, характерные для каждого диапазона волн.

При действии сантиметровых и особенно миллиметровых волн наибольшие изменения происходили в чувствительных нервных волокнах кожи с менее выраженными изменениями в чувствительных нервных волокнах внутренних органов, а при облучении дециметровым диапазоном, при сохранности чувствительных нервных волоконцев кожи, особенно были выражены изменения в чувствительных нервных волокнах внутренних органов. Подобно этому действовало и ВЧ поле. При действии диа-

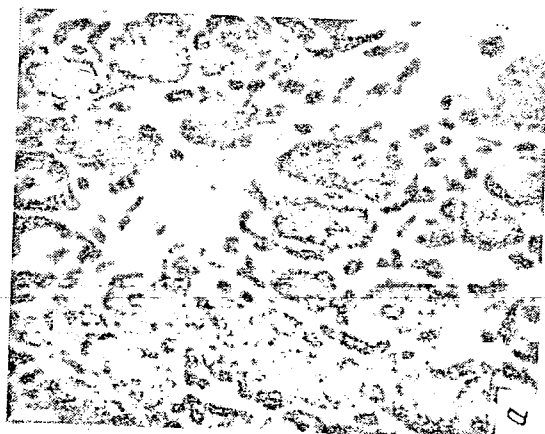
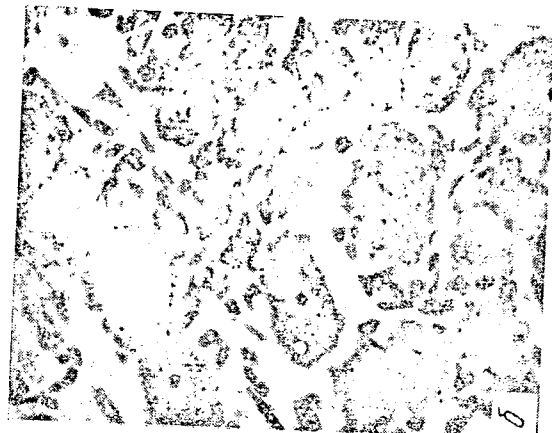


Рис. 31. Сравнительная характеристика измененных нервных клеток клеток спинномозгового узла при облучении животных в разных диапазонах волн малой интенсивности. Окраска по Нисслю, увеличение  $\times 500$ .  
а — центральный тигролиз протоплазмы и набухание ее с эктопией ядер при облучении волнами миллиметрового диапазона; б — набухание протоплазмы с тигролизом ее, явления кардиоцитолитиза с гибелью отдельных нейронов при облучении волнами сантиметрового диапазона.



Рис. 32. Сравнительная характеристика изменений нервных клеток коры головного мозга у животных при длительном облучении в различных диапазонах волны малой интенсивности. Сморщивание с темным окрашиванием нервных клеток коры мозга при длительном облучении. Окраска по Нисслю.

а — облучение в диапазоне сантиметровых волн. Увеличение  $\times 200$ ; б — в диапазоне УКВ (69,7 МГц). Увеличение  $\times 300$ ; в — в диапазоне УКВ (155 МГц). Увеличение  $\times 400$ ; г — в диапазоне КВ. Увеличение то же; д — в диапазоне средних волн (магнитное поле). Увеличение  $\times 250$ .

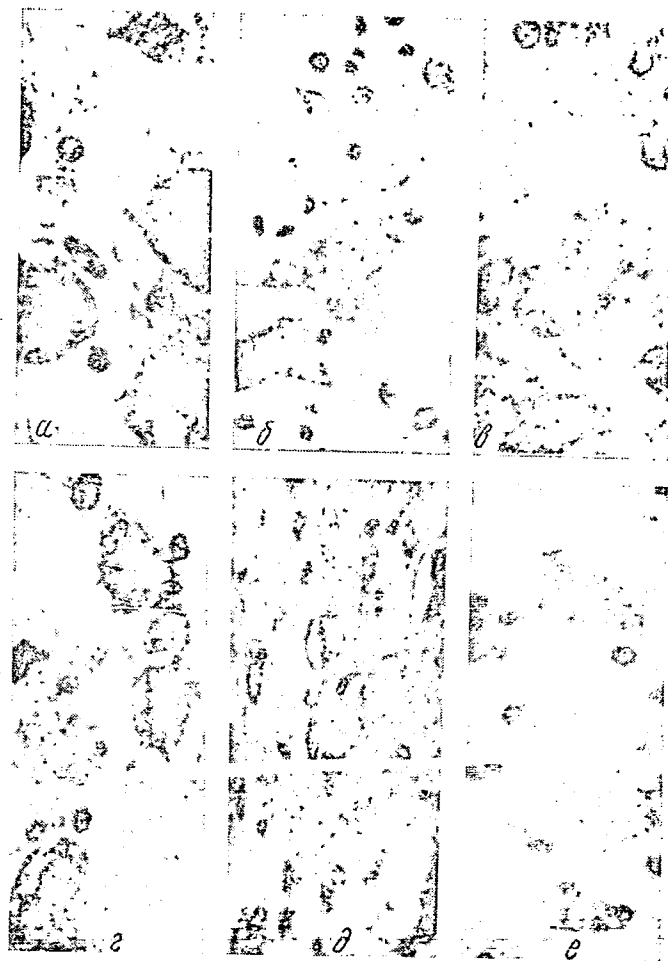


Рис. 33. Сравнительная характеристика изменений нервных клеток таламо-гипоталамической области при длительном облучении в различных диапазонах волны малой интенсивности. Вакуолизация нервных клеток таламо-гипоталамической области с явлениями карноцитоллиза отдельных нервных клеток. Окраска по Нисслю.

а — облучение волнами миллиметрового диапазона. Увеличение  $\times 600$ ; б — волнами сантиметрового диапазона. Увеличение то же; в — волнами дециметрового диапазона. Увеличение  $\times 540$ ; г — в диапазоне УКВ (69,7 МГц). Увеличение то же; д — в диапазоне КВ. Увеличение  $\times 400$ ; е — в средневолновом диапазоне (электрическое поле). Увеличение  $\times 600$ .

пазонов УКВ и КВ одинаково поражались чувствительные волокна кожи и внутренних органов (сравнить рис. 29, а, б, в, г, д, е и 30, а, б, в, г, д, е).

Таким образом, чувствительные нервные волокна внутренних органов поражались почти при всех диапазонах волн, за исключением миллиметрового. Чувствительные нервные волокна кожи изменялись при всех диапазонах, за исключением дециметрового и средних волн.

Одновременно с нарушениями в чувствительных нервных волокнах кожи и внутренних органах наблюдались обратимые морфологические изменения в нейронах спинномозговых нервных узлов, которые первые получают раздражения как с нервных волокон кожи, так и с внутренних органов (рис. 31, а, б). Нахождение этих изменений в нейронах спинномозговых узлов при облучении миллиметровым диапазоном подтверждает мнение о рефлекторном действии миллиметровых волн, которые затухают в коже, однако, раздражая чувствительные нервные волокна кожи, рефлекторно раздражают нервные элементы спинномозговых узлов.

При более длительном облучении выявлены отчетливые изменения в теле нервных клеток коры головного мозга, которые заключались в сморщивании с темным окрашиванием отдельных нейронов (рис. 32, а, б, в, г, д). При этом в нижележащих отделах мозга, главным образом в таламо-гипоталамической области и продолговатом мозге, появлялись нейроны с набухшей протоплазмой, содержащей мелкие вакуоли. Встречались также нейроны в состоянии кардиоцитоза (рис. 33, а, б, в, г, д, е). Это совпадает с уменьшением содержания рибонуклеопротеидов в набухших нервных клетках, особенно в нейронах, содержащих вакуоли. Изменения в клетках гипоталамической области возникали одновременно с нарушением нейросекреторной деятельности гипоталамо-гипофизарной системы (см. рис. 23, а, б; 24; 25). Это показывает, что гипоталамус и нейрогипофиз вместе с адреногипофизом и надпочечником принимают активное участие в адаптационно-компенсаторных механизмах. Описанные изменения в нейросекреторной функции гипоталамической области совпадали с клиническими проявлениями в виде повышения кровяного давления. Затем наступало истощение нейросекреторной деятельности и падало кровяное давление. Эти явления также исчезали

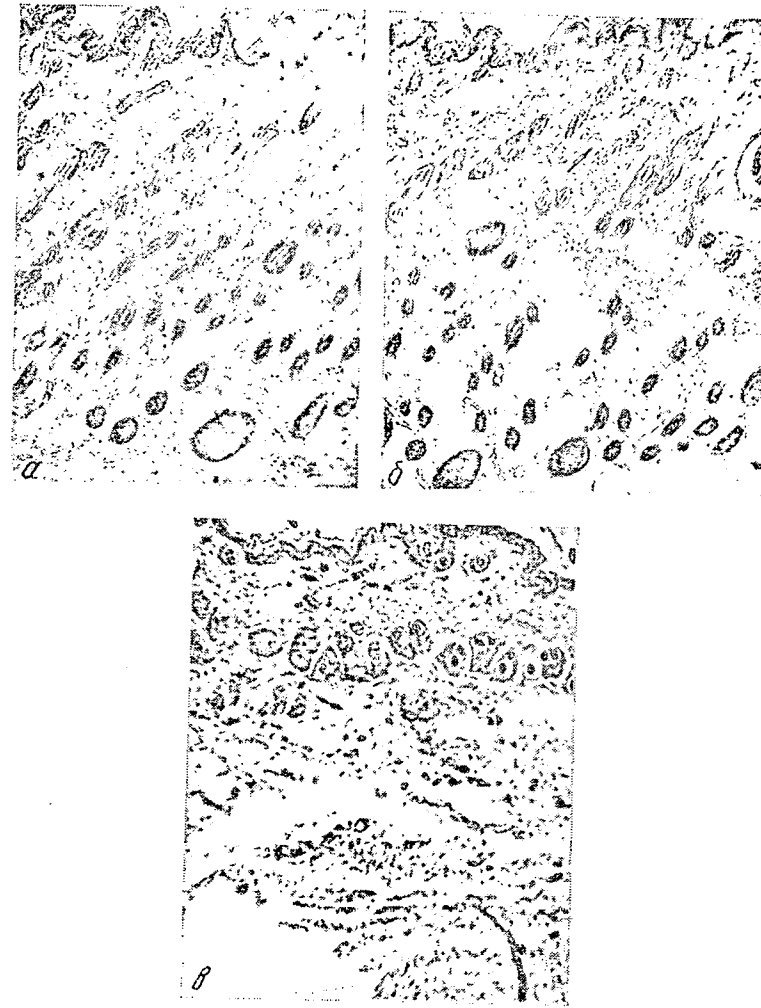


Рис. 34. Сравнительная характеристика гистохимических изменений в коже при длительном облучении в различных диапазонах волн малой интенсивности. Реакция Браше.

а — уменьшение содержания РНП в эпидермисе кожи и его дериватах при длительном облучении в миллиметровом диапазоне волн малой интенсивности. Увеличение  $\times 300$ ; б — увеличение содержания РНП в эпидермисе кожи и его дериватах при длительном облучении в сантиметровом диапазоне волн малой интенсивности. Увеличение то же; в — нормальное содержание РНП в эпидермисе и его дериватах при длительном облучении в дециметровом диапазоне волн малой интенсивности. Увеличение  $\times 200$ .

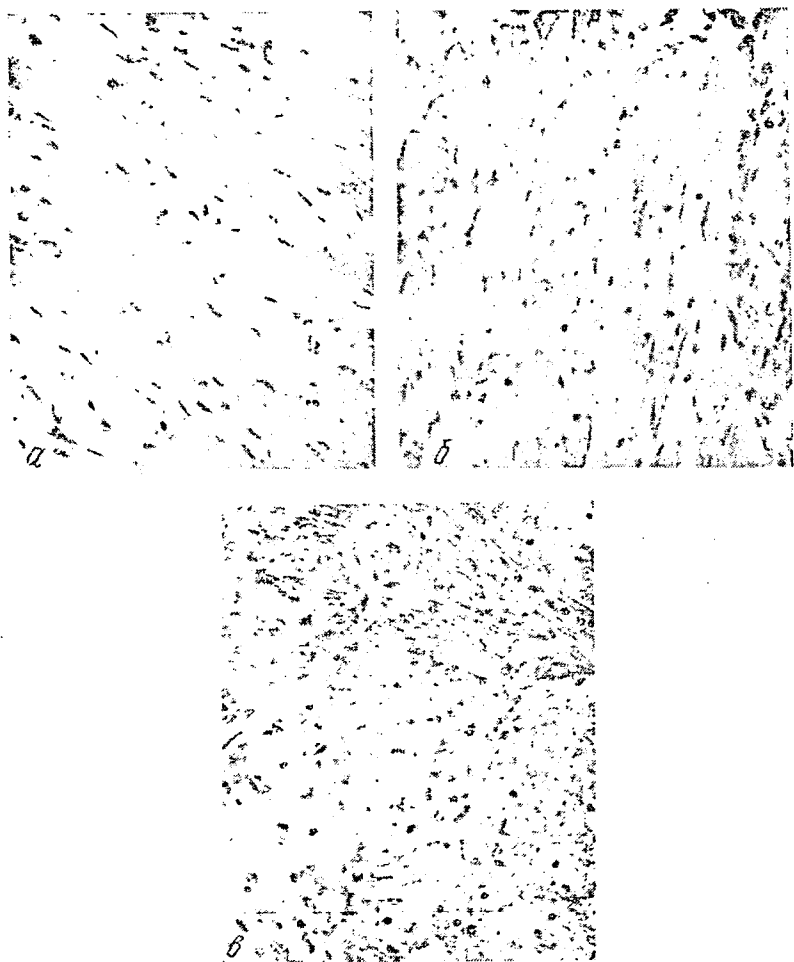


Рис. 35. Сравнительная характеристика изменений мышечных волокон миокарда при длительном облучении в различных диапазонах волн малой интенсивности. Окраска гематоксилин-эозином, увеличение  $\times 300$ .

*а* — неравномерное окрашивание мышечных волокон миокарда при облучении животных в миллиметровом диапазоне волн малой интенсивности; *б* — неравномерное окрашивание и гомогенизация отдельных мышечных волокон миокарда при облучении животных в сантиметровом диапазоне волн малой интенсивности; *в* — неравномерное окрашивание и гомогенизация отдельных мышечных волокон миокарда при облучении животных в дециметровом диапазоне волн малой интенсивности.

после прекращения облучения. При длительном облучении малыми интенсивностями гистохимически выявлено уменьшение РНП в коже (рис. 34, *а, б, в*). При этом здесь снова можно было отметить различия при действии волн различных диапазонов: при миллиметровом диапазоне отмечалось особенно выраженное понижение содержания РНП в коже, при сантиметровом — менее резкое, а при дециметровом — содержание рибонуклеопротеидов в коже не изменялось.

Все указанные находки свидетельствуют о том, что гистохимические методы, а также тонкие методы исследования нервной системы позволяют обнаружить начальные функциональные сдвиги в тонких образованиях нервной системы и белковом обмене клеток тогда, когда обычными морфологическими методами никаких изменений не выявляется.

При еще более длительном облучении различными диапазонами малой интенсивности возникали изменения в отдельных мышечных волокнах миокарда (рис. 35, *а, б, в*) в виде их неравномерного окрашивания: одни волокна бледные, другие темные — гомогенизированные, но поперечная исчерченность их всюду сохранена. Эти изменения носили обратимый характер. Лишь изредка встречались волоконца, очень интенсивно окрашенные, потерявшие поперечную исчерченность. Следовательно, на первом месте стоит поражение нервной системы, включая нервные клетки, межнейронные связи — синапсы, чувствительные нервные окончания различных рецепторных (рефлексогенных) зон.

Второе место занимает поражение мышечных волокон миокарда, третье — поражение семенников, в которых при очень длительном облучении малыми интенсивностями всеми указанными диапазонами волн обнаруживались дистрофические изменения, заключавшиеся в набухании и дистрофии семяродного эпителия в единичных трубочках семенников с гибелью отдельных клеток и десквамацией их в просвет трубочек, иногда с опустошением семяродных слоев и развитием гигантских многоядерных клеток, являющихся показателем уродливой регенерации (рис. 36, *а, б, в, г, д, е*). На семенники волны всех диапазонов действуют примерно одинаково. Несколько более интенсивны изменения при дециметровом и сантиметровом диапазоне (из группы микроволн), затем при действии УКВ и менее выражены при действии КВ диа-

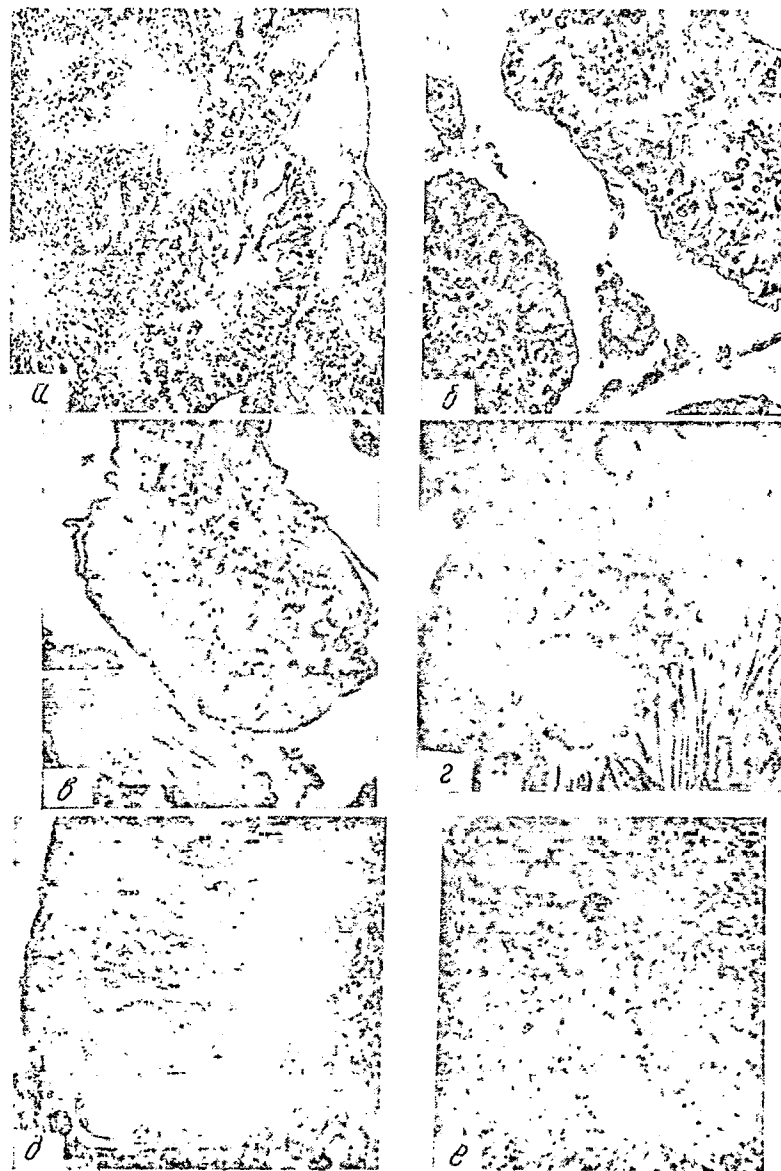
пазонов и средних волн ВЧ полей. Однако поражались лишь отдельные трубочки семенников. Сперматогенез в основной массе трубочек был сохранен и животное способно к оплодотворению. Об этом можно было судить по оплодотворению самок облученными самцами.

При очень длительном облучении отмечались нерезко выраженная зернистая (белковая) дистрофия и вакуолизация протоплазмы отдельных печеночных клеток и эпителия отдельных извитых канальцев почек. У некоторых животных (чаще при действии волн дециметрового диапазона) наблюдалась мелкокапельная жировая дистрофия отдельных групп печеночных клеток. При длительном облучении малыми интенсивностями сосудистых структур не обнаружено. Дистрофические изменения в паренхиматозных органах минимальны и сопровождались регенерацией (появление многоядерных клеток и митозов в печени), а также значительно выраженной пролиферативной реакцией микроглии в мозге с небольшими дистрофическими изменениями отдельных микроглиоцитов (при действии дециметровых волн) (рис. 37, а, б, в) и размножением ретикуло-эндотелиальных элементов в печени, иногда с образованием гистиоцитарных узелков (рис. 38, а, б, в, г, д).

Следовательно, в ответ на облучение малыми интенсивностями наряду с незначительными, большей частью обратимыми изменениями в нервной системе и паренхиматозных органах возникает довольно выраженная пролиферативная реакция ретикуло-эндотелиальных элементов, в форме которой проявляются защитно-приспособительные процессы в организме в ответ на слабое облучение.

Рис. 3б. Сравнительная характеристика изменений в семенниках при длительном облучении животных в различных диапазонах волн малой интенсивности. Окраска гематоксилин-эозином.

а — некроз двух трубочек семенника, расположенных под капсулой, при длительном облучении волнами миллиметрового диапазона. Увеличение  $\times 300$ ; б — дистрофические изменения в семяродном эпителии одной трубочки семенника. Сдвигание семяродного эпителия в просвет трубочки с образованием пробки при облучении волнами сантиметрового диапазона. Увеличение  $\times 350$ ; в — дистрофические изменения в семяродном эпителии с десквамацией его в просвет трубочки при облучении волнами дециметрового диапазона. Увеличение то же; г — дистрофические изменения в семяродном эпителии с десквамацией его в просвет трубочки. Образование гигантской клетки уродливой регенерации при облучении в диапазоне УКВ. Увеличение  $\times 600$ ; д — дистрофические изменения в семяродном эпителии с десквамацией его в просвет трубочки. Появление гигантских клеток уродливой регенерации при облучении в диапазоне УКВ. Увеличение  $\times 500$ ; е — отек стромы семенника, десквамация дистрофически измененного эпителия в просвет трубочки. Образование гигантских клеток уродливой регенерации при облучении в диапазоне ВЧ (магнитное поле). Увеличение  $\times 400$ .



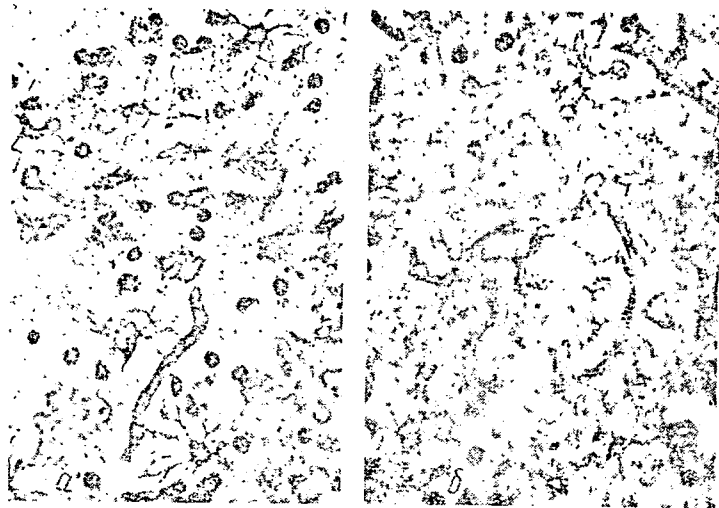


Рис. 37. Сравнительная характеристика реакции микроглии в мозге при длительном облучении в разных диапазонах волны малой интенсивности. Окраска по Мийагана — Лександровской, увеличение  $\times 300$ .

*a* — гиперплазия микроглии в мозге при длительном облучении в миллиметровом диапазоне волны малой интенсивности; *б* — гиперплазия микроглии в мозге при длительном облучении в сантиметровом диапазоне волны малой интенсивности; *в* — гиперплазия микроглии в мозге, начало дистрофии микроглиоцитов при длительном облучении в дециметровом диапазоне волны малой интенсивности.

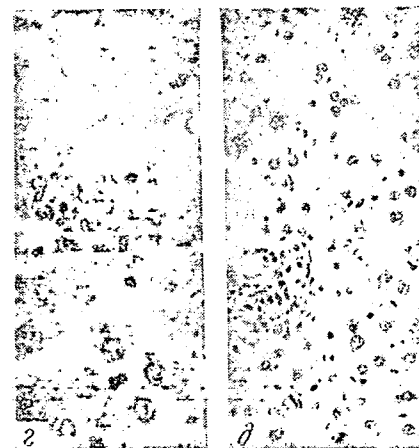
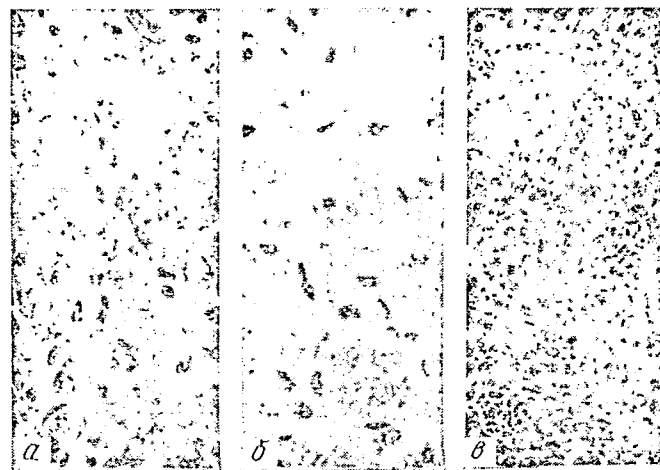


Рис. 38. Сравнительная характеристика пролиферативной реакции ретикуло-эндотелиальных элементов в печени животных при длительном облучении в различных диапазонах волны малой интенсивности. Окраска гематоксилин-эозином.

*a* — облучение волнами миллиметрового диапазона. Увеличение  $\times 300$ ; *б* — волнами сантиметрового диапазона. Увеличение то же; *в* — волнами дециметрового диапазона. Увеличение  $\times 200$ ; *г* — в диапазоне УКВ. Увеличение  $\times 250$ ; *д* — в диапазоне КВ. Увеличение  $\times 300$ .



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя сказанное, следует подчеркнуть, что при облучении миллиметровыми волнами обнаруживались преимущественное поражение чувствительных нервных волоконца кожи и гистохимические изменения в ней. Облучение сантиметровыми волнами вызывает значительные гистохимические изменения, изменения чувствительных нервных волоконца кожи и внутренних органов, а также межнейронных связей коры головного мозга. Воздействие дециметрового диапазона и ВЧ диапазона вызывает преимущественное поражение чувствительных нервных волоконца внутренних органов при отсутствии изменений в чувствительных нервных волокнах кожи, что соответствует и большим морфологическим изменениям во внутренних органах (при исследовании материала обычными морфологическими методами). При облучении УКВ и КВ малой интенсивности одинаково поражаются чувствительные нервные волокна кожи и внутренних органов.

Можно предположить, что миллиметровые волны поглощаются в поверхностных слоях кожи, а все дистрофические изменения в мозге и внутренних органах связаны с нервиорефлекторным механизмом, в то время как дециметровые волны, проникая глубже, могут непосредственно влиять на внутренние органы и мозг, оставляя интактной кожу. Сантиметровые волны, частично поглощаясь кожей, могут вызывать изменения в ней, а также в более глубоко расположенных тканях.

По-видимому, при действии различных диапазонов волны малой интенсивности имеет место, с одной стороны,

проникновение волн вглубь и непосредственное действие на органы и ткани (что особенно выражено при действии дециметрового диапазона), с другой — раздражение периферических нервиорефлекторных приборов с рефлекторным влиянием на внутренние органы и нервную систему (миллиметровый диапазон).

При действии МКВ животные находятся в сформированном поле и поэтому на них падает определенная порция электромагнитной энергии, а при действии УКВ, КВ и ВЧ полей животное помещается в несформированном электромагнитном поле, напряженность которого нами приводилась выше.

Динамику развертывания патологического процесса при воздействии различных диапазонов волны малой интенсивности можно представить себе следующим образом. Несмотря на то что малые интенсивности не вызывают повышения температуры тела и перегревания организма, при очень длительном облучении они оказывают определенное воздействие на организм. Электромагнитные волны разных диапазонов прежде всего вызывают раздражение чувствительных нервных волоконца рецепторных зон кожи (особенно миллиметровый и сантиметровый диапазоны) или, проникая глубже, раздражают чувствительные нервные волокна рецепторных зон внутренних органов. На эти раздражения прежде всего отвечают нервные клетки соответствующих спинномозговых чувствительных узлов. Затем раздражаются тонкие образования мозга (межнейронные синаптические образования коры головного мозга — рецепторный аппарат коры), которые получают раздражение рефлекторно (при облучении миллиметровым диапазоном) или непосредственно — путем проникновения электромагнитных волн вглубь (при дециметровых и более длинных диапазонах). Затем в процесс вовлекаются синаптические образования нижележащих отделов нервной системы и чувствительные нервные волокна внутренних органов. Последние являются приспособительным аппаратом, поддерживающим равновесие внутренней среды организма с внешней средой (равновесие, лежащее в основе нормального существования организма).

В результате чрезмерного раздражения чувствительных нервных волоконца различных рецепторных зон внутренних органов патологические импульсы направляются в мозг, вызывая в нем все более значительные изменения

в виде сморщивания нервных клеток коры, набухания и вакуолизации протоплазмы нервных клеток гипоталамической области. При этом нарушается нейросекреторная функция гипоталамо-гипофизарной системы, влекущая за собой нарушение нейро-эндокринной корреляции. Это, несомненно, имеет значение для еще более выраженных изменений в нервной системе и внутренних органах.

Полученные нами данные об изменении тонких структурных образований в коре головного мозга совпадают с клиническими проявлениями в виде выпадения условных рефлексов у облученных животных и снижения чувствительности к звуковым раздражителям. Изменения в нейро-эндокринной функции гипоталамо-гипофизарной системы совпадают с клиническими проявлениями в виде падения уровня кровяного давления.

Однако все названные как структурные изменения, так и функциональные нарушения обратимы и исчезают через некоторое время после прекращения облучения.

Все описанные тонкие изменения в нервной системе найдены раньше изменений, обнаруживаемых обычными морфологическими методами, и являются ранней реакцией нервной системы в ответ на воздействие малыми интенсивностями различных диапазонов волн.

При дальнейшем облучении возникают более выраженные изменения в центральной нервной системе и чувствительных нервных волокнах внутренних органов, особенно миокарда (в этом отношении наши данные совпадают с данными В. Ю. Первушина), чему соответствуют и появляющиеся изменения в мышечных волокнах миокарда.

При более длительном облучении происходят дистрофические изменения в семяродном эпителии отдельных трубочек семенников, однако сперматогенез в основной массе трубочек сохранен и животные остаются способными к оплодотворению (что проверено оплодотворением самок облученными самцами). Еще позднее появляются дистрофические изменения в отдельных группах клеток печени и эпителии извитых канальцев почек.

Все дистрофические изменения в паренхиматозных органах резко выражены и сопровождаются пролиферативной реакцией со стороны ретикула-эндотелиальных элементов печени и микроглии в мозге, что служит проявлением защитно-приспособительных процессов.

Следует сказать также, что при длительном облучении малыми интенсивностями, несмотря на то что животное остается практически здоровым и нет термического действия, в организме возникает ряд обратимых и необратимых морфологических и физиологических изменений.

Таким образом, сравнивая воздействие различных диапазонов волн малой интенсивности, следует отметить, что при длительном повторном облучении (до 10 месяцев) радиоволнами диапазонов УКВ, КВ и СВ малой интенсивности мы не могли обнаружить существенных различий в поражении чувствительных нервных волокон кожи и внутренних органов. Однако при дециметровом диапазоне и ВЧ диапазоне чувствительные нервные волокна рецепторных зон кожи не поражаются, но поражаются чувствительные нервные волокна внутренних органов. При миллиметровом диапазоне, наоборот, особенно сильно поражаются чувствительные нервные волокна кожи при интактности чувствительных нервных волокон рецепторных зон внутренних органов.

При УКВ, КВ и сантиметровом диапазоне чувствительные нервные волокна внутренних органов поражаются одинаково.

Наиболее резкие изменения обнаруживаются в нервной системе, особенно в ее тонких образованиях: межнейронных связях коры, аксосоматических синапсах и чувствительных нервных волокнах рецепторных зон кожи и внутренних органов. Особенно сильно поражаются клетки коры и гипоталамической области. В последней нарушается нейросекреторная функция и затем наступают дистрофические изменения в виде вакуолизации нервных клеток, что совпадает с падением кровяного давления у животных.

На втором месте после нервной системы в смысле поражения стоит мышца сердца.

Третье место при воздействии всех диапазонов волн (МКВ, УКВ, КВ, СВ) занимает поражение семенников, т. е. при очень длительном их воздействии наступают дистрофические изменения семяродного эпителия отдельных трубочек семенников, однако сперматогенез в остальной части трубочек сохранен, что соответствует клиническим проявлениям у животных, у которых способность к оплодотворению самок сохраняется.

Дистрофические изменения в остальных внутренних органах минимальны. Они сопровождаются регенератив-

ными и пролиферативными процессами в виде размножения микроглии в мозге и ретикуло-эндотелиальных элементов в печени и образовании круглоклеточных муфт вокруг сосудов в легких.

Однородная направленность морфологических изменений в основном сохраняется для всего диапазона радиоволн, однако выраженность процесса уменьшается по мере удлинения волны.

В диапазоне микроволн на первом месте по выраженности процесса стоит сантиметровый диапазон. Следовательно, самые выраженные изменения обнаружены при действии СВЧ, потом УКВ и КВ и в последнюю очередь под влиянием электрического и магнитного ВЧ поля.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Акмаев И. Г.* Аденогипофиз, его секреторная деятельность и нервная регуляция. Автореф. дисс. канд. М., 1960.
- Алешин Б. В.* В кн.: Нейросекреторные элементы и их значение в организме. Изд. АН СССР, 1964.
- Брезницкая А. Н.* В сб.: Гигиена труда и биологическое действие электромагнитных волн радиочастот. Материалы Третьего Всесоюзного симпозиума 24—28 июня. М., 1968, с. 13.
- Брезницкая А. Н.* В сб.: Гигиена труда и биологическое действие электромагнитных волн радиочастот. Материалы Третьего Всесоюзного симпозиума 24—28 июня. М., 1968, с. 11.
- Богданович Н. К.* Арх. пат., 1964, XXVI, 3.
- Богданович Н. К.* Арх. пат., 1964, XXVI, 8.
- Быков К. М., Курцин И. Т.* Кортико-висцеральная патология. Л., 1960.
- Владимиров С. В.* Нейросекреторные элементы и их значение в организме. Изд. АН СССР, 1964.
- Возная А., Шердин И.* Труды Института физиотерапии и физкультуры. М., 1937, в. I, с. 48.
- Войткевич А. А.* Нейросекреторные элементы и их значение в организме. Изд. АН СССР, 1964.
- Войткевич А. А.* Тезисы научных докладов XXVII Сессии общего собрания Академии медицинских наук СССР, посвященной проблеме современной эндокринологии и биохимии гормонов. М., 1969.
- Выропаев Д. Н.* В кн.: Морфология чувствительной иннервации внутренних органов. М., 1948, с. 70.
- Воротилкин А. И.* Проблемы физиотерапии и курортологии. Свердловск, 1940, с. 217.
- Галоян А. А.* Некоторые проблемы биохимии гипоталамической регуляции. Ереван, 1965.
- Гербер Э. Л.* Нейросекреторная деятельность при различных психических заболеваниях. Автореф. дисс. докт., 1967.
- Гиллерсон А. В. и Возная А. Н.* В кн.: Вопросы экспериментальной физиотерапии. М., 1939, с. 149.
- Гинзбург Д. А., Сидчикова М. И.* В кн.: О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1964, в. 2, с. 126.

- Глезер Д. Я. Материалы Ленинградской конференции по УВЧ. Л., 1937, с. 5.
- Гольшова К. П., Андрияшева И. М. В кн.: Биологическое действие ультравысокой частоты. М., 1937, с. 309.
- Гордон З. В. В кн.: О биологическом воздействии сверхвысоких частот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1960, в. 1, с. 5—8, 22—25, 65—69.
- Гордон З. В. В кн.: О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1964, в. 2, с. 57.
- Гордон З. В. В кн.: О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды Ин-та гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1964, в. 2, с. 3—9, 57—60.
- Гордон З. В. В кн.: Вопросы гигиены труда и биологического действия электромагнитных полей сверхвысоких частот. Изд. «Медицина», 1966.
- Гордон З. В., Лобанова Е. А., Толгская М. С. Гиг. и сан., 1955, 12, 16.
- Горизонтов П. Д. Тезисы научных докладов XXVII сессии общего собрания Академии медицинских наук СССР, посвященной проблеме «Современная эндокринология и биохимия гормонов». М., 1969.
- Городецкая С. Ф. Физиол. журн. АН УССР, 1962, 8, 3, 390.
- Городецкая С. Ф. Физиол. журн. АН УССР, 1963, 9, 394.
- Городецкая С. Ф. В кн.: Биологическое действие ультразвука и сверхвысокочастотных электромагнитных колебаний. Киев, изд-во «Наукова думка», 1964, с. 80.
- Граценков Н. И. (ред.). Физиология и патология дизэнцефальной области головного мозга. М., 1963, с. 5.
- Граценков Н. И. В кн.: Гипоталамус, его роль в физиологии и патологии. М., 1964.
- Гусейнов Д. Ю. Арх. пат., 1963, 2, 45.
- Давыдовский И. В. Общая патология человека. М., 1961.
- Давыдовский И. В. Проблема причинности в медицине (этиология). М., 1962.
- Деревягин М. П. Физиотерапия, 1939, 6, 55.
- Долго-Сабуров Б. А. Нейронная теория — основа современных представлений о строении и функции нервной системы. Л., 1956.
- Доллич Л. А. В кн.: Гигиена труда и биологическое действие электромагнитных волн радиочастот. М., 1959, с. 44.
- Дрогичина Э. А., Садчикова М. И. В сб.: Гигиена труда и биологическое действие электромагнитных волн радиочастот. Материалы Третьего Всесоюзного симпозиума 24—28 июня. М., 1968, с. 42.
- Дрогичина Э. А., Садчикова М. И. О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1964, в. 2, с. 105.
- Дрогичина Э. А. и др. Гиг. труда и профзаболевания, 1962, 1, 28.
- Жданов Д. А., Акмаев И. Г., Саши М. Р. Архив анат., 1964, 4.
- Жукова С. В. Нейросекреторные элементы и их значение в организме. Изд. АН СССР, 1964.

- Жухин В. А. Труды Туркменского научно-исследовательского института неврологии и физиотерапии. Ашхабад, 1937, т. 2, с. 159.
- Зубкова-Михайлова Е. Н. Нейросекреторные элементы и их значение в организме. Изд. АН СССР, 1964.
- Кицовская И. А. О биологическом воздействии сверхвысоких частот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1960, в. 1, с. 75.
- Кицовская И. В. В сб.: Гигиена труда и биологическое действие электромагнитных волн радиочастот. Материалы Третьего Всесоюзного симпозиума 24—28 июня. М., 1968, с. 71.
- Кицовская И. А. В кн.: О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1968, в. 3, с. 81.
- Кулакова В. В. В кн.: О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1968, в. 3, с. 112.
- Куприянов В. В. Материалы экспериментальной морфологии сосудистых рецепторов. Л., 1955.
- Курляндский Б. А. Тезисы докладов токсикологической лаборатории, 1966.
- Курцин И. Р. В кн.: Кортико-висцеральные взаимоотношения и гормональная регуляция. Харьков, 1963.
- Лаврентьев Б. И. Труды 1-й гистологической конференции. Изд. 1-е. М., 1934.
- Лаврентьев Б. И. Физиол. журн. СССР, 1936, 21, 5—6, с. 858.
- Лаврентьев Б. И. В кн.: Морфология чувствительной иннервации внутренних органов. Изд. АМН СССР, 1948.
- Лазарев Н. В. Вредные вещества в промышленности, 1963, гл. I, II.
- Левинсон А. Б. Доклады АН СССР, 1952, 83, 5, 745.
- Либезни П. Короткие и ультракороткие волны. Биология и терапия. М.—Л., 1936, 221.
- Лобанова Е. А. В кн.: О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1960, в. 1, с. 61.
- Лотис В. М. Акуш. и гинеол., 1936, 10, 1240.
- Майорова В. Ф. Пробл. эндокринолог., 1962, 5.
- Майорова В. Ф., Тараканов Е. И. Нейросекреторные элементы и их значение в организме. Изд. АН СССР, 1964.
- Милицин В. А., Возная А. И. Физиотерапия, 1937, 2, 33.
- Милотина Е. В. В кн.: Некоторые данные о биологическом характере ультравысокой частоты. Горький, 1933, с. 45.
- Москаленко Ю. Е. В кн.: Электроника в медицине. М.—Л., 1960, с. 207.
- Никозосян С. В. В кн.: О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР, 1964, в. 2, с. 43.
- Никонова К. В. В кн.: О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1964, в. 2, с. 49.

- Никонова К. В.* В кн.: О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1964, в. 2, с. 61.
- Обросов А. Н., Ясногородский В. Г.* Тезисы докладов на IV Международном конгрессе по радиоэлектронике в медицине. Нью-Йорк, 1961, с. 155.
- Орлова А. А.* В кн.: О биологическом действии сверхвысоких частот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1960, в. 1, с. 36.
- Осинов Ю. А.* Сов. здравоохран., 1953, 2, 44.
- Парин В. В., Давыдов П. Я.* В сб.: Проблемы физиотерапии и курортологии. Свердловск, 1940, с. 178.
- Первушин В. Ю.* Бюлл. экспер. биол. и мед., 1957, 6, 87.
- Первушин В. Ю., Триумфов А. В.* В кн.: О биологическом действии сверхвысокочастотного электромагнитного поля. Л., 1957, с. 141.
- Питенин И. В.* В кн.: Вопросы биологического действия СВЧ электромагнитного поля. Л., 1962, с. 36.
- Плечкова Е. К.* В кн.: Морфология чувствительной иннервации внутренних органов. Изд. АМН СССР, 1948, с. 163—179, 46.
- Поленов А. Л.* Нейросекреторные элементы и их значение в организме. Изд. АН СССР, 1964.
- Поляков Г. И.* Арх. анат., гистол. и эмбриол., 1955, XXXII, 2.
- Повжитков В. А.* и др. Бюлл. экспер. биол. и мед., 1961, 51, 5, с. 103.
- Поляков Г. И.* Журн. высш. нервн. деят., 1956, 6, 3.
- Пресман А. С.* Электромагнитные поля и живая природа. Изд. «Наука». М., 1968.
- Рахманов А. В.* Вопросы применения коротких и ультракоротких волн в медицине. М., 1940, с. 131.
- Ромосенко В. А.* Гипертоническая шизофрения, 1967.
- Садчикова М. Н., Орлова А. А.* Гигиена труда и профзаболеваний, 1958, с. 1, 16.
- Саркисов С. А.* Некоторые особенности строения нейрональных связей коры большого мозга. М., Изд. АМН СССР, 1948.
- Селье Г.* Очерки об адаптационном синдроме. М., 1960.
- Скипин Г. В., Баранов Н. П.* Бюлл. ВИЭМ. Л., 1934, 3—4, 12.
- Славский Г. М., Бурназ Л. С.* Труды Центрального научно-исследовательского института физиологии имени Сеченова. Севастополь, 1933, т. 6—7, с. 294.
- Смурова Е. И.* Гиг. труда и профзаболевания, 1962, 5, 22.
- Спичу Е. И.* Гиг. и сан., 1959, 11, 26.
- Сынгасевская В. А., Игнатьева О. С., Плискина Т. П., Синенко Г. Ф.* Тезисы докладов. Вопросы биологич. действия. СВЧ. Л., 1962, 52.
- Тараканов Е. И., Майорова В. Ф.* и др. Проблемы эндокринологии и гормонотерапии, 1960, 6, 3.
- Тихонова М. А.* В кн.: Вопросы экспериментальной физиотерапии. Труды Узбекского научно-исследовательского института физиотерапии и курортологии имени П. А. Семашко. Ташкент, 1948, в. 10, с. 113.

- Толгская М. С., Гордон З. В.* О биологическом действии сверхвысоких частот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. Л., 1960, в. 1, с. 99.
- Толгская М. С., Гордон З. В.* О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1964, в. 2, с. 80.
- Толгская М. С., Гордон З. В.* В кн.: О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1968, в. 3, с. 87.
- Толгская М. С., Гордон З. В., Лобанова Е. А.* В сб.: Физические факторы внешней среды. М., 1960, с. 183.
- Толгская М. С., Гордон З. В., Лобанова Е. А.* В кн.: О биологическом действии сверхвысоких частот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1960, в. 1, с. 90.
- Толгская М. С., Никонова К. В.* В кн.: О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1964, в. 2, с. 89.
- Фалин Л. И.* В кн.: Морфология чувствительной иннервации внутренних органов. Изд. АМН СССР, 1948, с. 126.
- Франке В. А.* Сборник научных работ Института охраны труда ВЦСПС, 1960, в. 3, с. 36.
- Фукалова П. П.* В кн.: О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1964, в. 2, с. 78.
- Фукалова П. П.* В кн.: О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. Труды Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. М., 1968, в. 3, с. 101.
- Черниговский В. Н.* Исследования рецепторов некоторых внутренних органов. Дисс. Л., 1941.
- Черниговский В. Н.* Вестн. АМН СССР, 1959, 4, 3.
- Шибкова С. А.* Арх. анат., гистол. и эмбриол., 1937, 17, 1, 72.
- Andersson B. P., Litwell P. J.* Endocr., 1957, 15, 3, 332—338.
- Andersson B. P., Litwell P.* Acta anat. (Basel), 1958, 35.
- Bach S., Luzzo A., Brownell A.* Biological effects of microwave radiation. N. Y., 1961, 117.
- Begmann W.* Das Zwischenhirnphysensystem. Berlin, 1954.
- Begmann W., Hild W.* Acta ant. (Basel), 1949, 8, 264.
- Bovsen I. E.* Arch. Industr. Hyg. Occup. Med., 1953, 7, 6, 516—524.
- Cook H. F.* Brit. J. appl. Phys., 1952, 3, 249.
- Deichmann W.* et al. J. Occup. Med., 1959, 1, 369.
- Denier A.* Arch. d'Electr. Med., 1933, 41, 273—276.
- Guillemin R.* Acta Neurovegetative (Wien), 1961, 23.
- Guillemin R., Rosenberg B.* Endocrinology, 1955, 57.
- Gunn S., Gould T., Anderson W.* In: Biological effects of microwave radiation. N. Y., 1961, 99.
- Gunn S.* et al. Lab. Invest., 1961, 10, 301.

Howland I. et al. In: Biological effects of microwave radiation. N. Y. Plenum Press, 1961, 1, 261.

Imig C. L., Thomson J. D., Hines H. M. Proc. Soc. exp. Biol., 1948, 69, 2, 382.

Kutting H. Med. Klin., 1955, 30, 1262—1269.

Michaelson et al. Industr. med. surg., 1961, 30, 298.

Michaelson et al. Digest Internat Cong. Med. Electronics, 1961a, 26, 4.

Minecki L. Promieniowanie Elektromagnetyczne wielkiej Czystotliwosci. Warszawa, 1967.

Minecki L., Bilski P. Med. Pracy, 1961, XII, 4, 337—344.

Mosinger M. Schweiz. Arch. Neurol. Psych., 1950, LXV, 1/2.

Mumford W. Proc. IRE, 1961, 49, 427.

Oettinger. Strahlentherapie, 1931, 41, 251—285.

Porter R. W. Am. J. Physiol., 1953, 172.

Porter R. W. Endocrinology, 1956, 58.

Scharrer B., Scharrer E. In: Handbuch Mirk. Anat. des Menschen, 1954., 13.

Scharrer E., Scharrer B. Rec. Progr. Gormon. Res., 1954a, 10.

Schliephake E. Kurzwellentherapie. Iena, 1932.

Sequin L., Castelatin G. C. Acad. Sci., 1947, 224, 26, 1662—1663 a, 1850—1852.

Ummersen C. Prove on the 4th annual. Tri Service Confer. on the Biological effects of microwave radiation, 1961, 201—204.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	3
Современное состояние вопроса . . . . .	6
Материал и методика исследования . . . . .	12
Раздел I. Физиологические и морфологические изменения у животных при воздействии различных диапазонов радиоволн большой интенсивности . . . . .	16
Глава 1. Морфофизиологические изменения при действии микроволн (МКВ) большой интенсивности (сантиметровый, миллиметровый и дециметровый диапазоны) Морфологические изменения при действии сантиметровых волн большой интенсивности . . . . .	18
Морфологические изменения при действии миллиметровых волн большой интенсивности . . . . .	32
Морфологические изменения при действии дециметровых волн большой интенсивности . . . . .	35
Глава 2. Морфологические изменения у животных при действии УКВ большой интенсивности (69,7; 155 и 191 Мгц)	39
Глава 3. Морфологические изменения у животных при действии КВ и средних волн большой интенсивности	41
Глава 4. Сравнительная характеристика морфологических изменений при действии различных диапазонов радиоволн большой интенсивности . . . . .	42
Заключение . . . . .	48
Раздел II. Физиологические и морфологические изменения у животных при длительном повторном воздействии различных диапазонов радиоволн малой интенсивности . . . . .	50
Глава 1. Морфологические изменения при длительном многократном облучении микроволнами малой интенсивности	59
Морфологические изменения при длительном многократном облучении сантиметровыми волнами малой интенсивности . . . . .	59

Морфологические изменения при многократном облучении миллиметровыми волнами малой интенсивности	93
Морфологические изменения при многократном облучении дециметровыми волнами малой интенсивности	96
Глава 2. Морфологические изменения у животных при многократном облучении УКВ малой интенсивности	102
Глава 3. Морфологические изменения у животных при многократном облучении КВ малой интенсивности	104
Глава 4. Морфологические изменения у животных при многократном облучении средними волнами малой интенсивности	105
Глава 5. Сравнительная характеристика морфологических изменений при многократном действии различных диапазонов радиоволн (МКВ, УКВ, КВ и средние волны) малой интенсивности	110
Заключение	124
Литература	129

Толгская Мария Сергеевна и Гордон Зинаида Васильевна  
 Морфофизиологические изменения при действии электромагнитных  
 волн радиочастот

Редактор *М. М. Авербах.*

Техн. редактор *И. С. Ким* и *Н. А. Пошкробнева* Корректор *Е. А. Круглова*  
 Художественный редактор *А. Э. Казаченко* Переплет художника *С. С. Елинсон*

Сдано в набор 22/VII 1970 г. Подписано к печати 15/I 1971 г. Формат бумаги  
 84×108<sup>1/32</sup> печ. л. 4,25 (условных 7,14 п. л.) 7,14 уч.-изд. л. Бум. тип. № 1.  
 Тираж 2000 экз. Т С2925. МН-71. Заказ № 6007. Цена 71 коп.

Издательство «Медицина». Москва, Петроверигский пер., 6/8.

Типография изд-ва «Горьковская правда», г. Горький, ул. Фигнер, 32.