

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра биохимии

В.Г.Подковкин, И.Л.Слободянюк, М.В.Углова

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА СИСТЕМЫ ГОМЕОСТАЗА**

Издательство «Самарский университет»  
2000

УДК 577.3: 577.15/.17

ББК 28.9

В 586

**Подковкин В.Г., Слободянюк И.Л., Углова М.В.** Влияние электромагнитных полей окружающей среды на системы гомеостаза. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2000. - 108 с.

ISBN 5-230-06194-4

В монографии представлены материалы по результатам исследований особенностей гормонально-медиаторной регуляции организма в условиях изолированного и комбинированного действия различных неионизирующих факторов окружающей среды: гипогеомагнитное поле, постоянное магнитное поле, электромагнитное излучение. В экспериментах на животных изучены биохимические, гистохимические, морфометрические показатели, характеризующие состояние симпато-адреналовой, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой, холинергической и сопряженных с ними систем. Описаны выявленные закономерности, нашедшие применение в экологической и гигиенической практике.

**Рецензенты:** д-р мед. наук, проф. Б.Н.Жуков  
д-р мед. наук, проф. Л.Т.Волова

В  $\frac{1903010000 - 025}{6К4(03) - 2000}$  11 - 2000

ISBN 5-230-06194-4

© Подковкин В.Г.,  
Слободянюк И.Л.,  
Углова М.В.,  
2000

## ВВЕДЕНИЕ

Достижения научно-технического прогресса, условия современного производства приводят к расширению контактов человека с различными воздействиями электромагнитной природы (Григорьев Ю.Г. и соавт., 1998; Готовский Ю.В., Перов Ю.Ф., 1998). В их числе практическую значимость представляют гипогомагнитные поля (ГГМП), сильные постоянные магнитные поля (ПМП) искусственного происхождения, электромагнитные излучения (ЭМИ) (Суворов Г.А. и соавт., 1998; Рубцова Н.Б. и соавт., 1998). Возрастает воздействие магнитных и электромагнитных полей на население и экобиосистемы, что обусловило в последнее время значительный интерес научной общественности к этой проблеме (Шандала М.Г., 1998; Токарский А.Ю. и соавт., 1998). По мнению А.Г.Алексеева и Ю.А.Холодова (1993), электромагнитную экологию необходимо признать общемировым научным направлением.

В настоящее время стало ясно, что нельзя рассматривать электромагнитные поля только как неблагоприятный фактор. Эволюция биологического мира шла при определенном фоне ЭМИ. Эволюционная адаптация выработала у всех организмов способность реагировать на изменения естественного геомагнитного поля (ГМП) и на сверхслабые воздействия низкочастотного и высокочастотного электромагнитного поля (И.Г.Акоев, 1988). Следовательно, необходимо бороться не только с электромагнитным загрязнением, но и с электромагнитным “голодом”, создавать зону электромагнитного комфорта (Ю.А.Холодов, 1993).

В условиях современного производства значительное число работающих находится в экранированных помещениях. Так, на некоторых предприятиях построены цеха, имеющие непроницаемый для электромагнитных излучений металлический экран (Походзей Л.В., 1998). Такие экраны, различные по своим физическим характеристикам, ослабляют ГМП, в котором организм человека развивался, в условиях которого формировались адаптационные механизмы и гомеостаз в целом.

Как правило, экранированные сооружения насыщены технологическим оборудованием, электромагнитные поля в них имеют неравномерное распределение и весьма сложны по своим физическим характеристикам, то есть возникает искаженное геомагнитное поле (Ю.Г. Григорьев и соавт., 1991). Работающие в таких цехах часто подвергаются комбинированному действию ГГМП, сильных постоянных и переменных магнитных полей, ЭМИ и ионизирующих излучений. Однако влияние на организм ГГМП, ИГМП, а особенно их комбинированное действие с другими физическими факторами исследовано недостаточно. По ряду этих условий отсутствуют нормативные документы, рекомендации к оптимальному режиму работы на

соответствующих производствах. Недостаточно экспериментального материала, который мог бы быть использован для разработки таких рекомендаций, проведения профилактических и оздоровительных мероприятий.

Одним из факторов, влияющих на организм космонавта в условиях межпланетного космического полета, является отсутствие ГМП. В этих условиях могут возникнуть ситуации воздействия на организм человека ГМП с другими физическими факторами. Так, возможно облучение космонавтов протонами при вспышках на Солнце или во время вхождения космического корабля в радиационные пояса Земли (К.А.Труханов и соавт., 1970). Возможно также воздействие на космонавтов микроволнового излучения от источников, находящихся на космическом корабле (В.В.Антипов и соавт., 1975).

Предполагается, что различные умеренные по интенсивности физические воздействия на организм способствуют активизации механизмов поддержания гомеостаза при экстремальных состояниях (Ю.Г.Григорьев, 1982). По мнению И.Г.Акоева (1988) организм воспринимает крайне незначительные изменения окружающей физической обстановки и может реагировать на них физиологическими реакциями, в том числе адаптивными.

В настоящее время накоплено значительное число фактов, доказывающих высокую биологическую активность ГМП. Выявлено влияние этого фактора на различные стороны жизнедеятельности микроорганизмов (С.А.Павлович, 1978; 1981), растений (Ю.И.Новицкий, 1978; Н.А.Белявская, 1991; В.М.Фомичева, 1991). Воздействие ГМП вызывает нарушения эмбрионального развития животных (М.Асашима, 1991; В.Г.Сафронова и соавт., 1992) и функций репродуктивной системы (Р.В.Смирнов, Г.Л. Чулкова, 1991), угнетение тканевого дыхания (В.И.Копанев, А.В.Шакула, 1985), приводит к жировой дистрофии печени (В.А.Насибуллин и соавт., 1991), снижению двигательной активности животных (З.Н.Нахильницкая и соавт., 1978), различным изменениям функционального состояния нервной системы и нейро-гуморальной регуляции (И.В.Шуст, И.М.Костиник, 1976; В.И.Бабич и соавт., 1989; 1991; В.Я.Сандодзе и соавт., 1991; Р.А.Шапранов и соавт., 1993; Холодов Ю.А., 1998), гематологических и иммунологических показателей (Б.М.Савин и соавт., 1991).

Важную информацию для оценки механизмов гомеостаза, регулирующих состав и свойства внутренней среды в процессе приспособления как к незначительным, так и к стрессовым и экстремальным воздействиям, дает комплексное исследование состояния симпато-адреналовой системы (САС), гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы (ГГНС) и функционально связанных с ними холинергической, серотонинергической и гистаминергической систем (Я.И.Ажипа, 1979; Л.И. Вайсфельд, Г.Д.Кассиль, 1981; Ф.З.Меерсон, М.Г.Пшенникова, 1988), На актуальность проблемы

изучения биогенных аминов в условиях действия на организм магнитных полей указывает в своей работе Л.М.Меркулова (1990).

Однако роль указанных систем в реализации биологических эффектов ГГМП, а также комбинированного действия данного физического фактора с ЭМИ и другими экстремальными воздействиями не выяснена. Получение недостающих сведений, восполняющих существенный пробел по этой проблеме, и составило задачу нашей работы: выявить закономерности изменений гормонально-медиаторной регуляции в условиях изолированного и комбинированного действия неионизирующих факторов окружающей среды в эксперименте.

В работе приняты следующие сокращения:

- АК - аскорбиновая кислота
- АХЭ - ацетилхолинэстераза
- АШ - анафилактический шок
- ГГНС - гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система
- ГГМП - гипогомагнитное поле
- ГМП - геомагнитное поле
- ИГМП - искаженное геомагнитное поле
- ЛДГ - лактатдегидрогеназа
- ПМП - постоянное магнитное поле
- САС - симпато-адреналовая система
- СДГ - сукцинатдегидрогеназа
- ЭМИ - электромагнитное поле
- 11-ОКС - 11-оксикортикостероиды

## ГЛАВА I. Современные представления о биологических эффектах электромагнитных полей и механизмах их действия

В настоящее время накоплено значительное число фактов, доказывающих высокую биологическую активность ГМП. Обнаружено влияние различной степени экранирования и компенсации ГМП на различные стороны жизнедеятельности животных, растений и микроорганизмов.

ГМП вызывает изменения морфологических, тинкториальных и биохимических свойств микроорганизмов. Так, экранирование ГМП (1 нТл) вызвало нарушения роста и обмена веществ у сальмонелл, кишечной палочки и коринебактерий дифтерии (С.А.Павлович, 1975; В.М.Червинец, 1975). Ослабление ГМП в 160 раз привело к активизации ферментов гликолиза у микрококка (С.А.Павлович, 1978). Длительное культивирование стафилококка в условиях ГМП сопровождалось снижением резистентности к антибиотикам (С.А.Павлович, 1981).

Двухнедельное пребывание семян многих растений приводило к различным нарушениям (изменение числа корней и почек, сроков образования и площади листьев) при их прорастании (П.П.Козымов, 1973; Д.Н.Шрагер, 1975). В условиях экранирования ГМП изменялись биохимические процессы (выделение углекислого газа в темноте, повышение активности каталазы и снижение полифенолоксидазы у традесканции и ячменя) (Ю.И.Новицкий, 1978; М.П.Травкин, 1978). Установлено, что ГМП ( $10^{-9}$  -  $10^{-10}$  Тл) способно вызвать нарушения структурно-функционального состояния клеток корней высших растений (Н.А.Белявская, 1991), увеличение продолжительности клеточного деления за счёт пресинтетической фазы (В.М.Фомичева, 1991).

Имеется целый ряд работ, посвященных исследованию влияния ГМП на различные стороны жизнедеятельности животных. Несколькими исследователями обнаружено нарушение нормального эмбрионального развития в условиях экранирования.

Пребывание яйцеклеток лягушки в течение 2 часов в условиях экранирования ГМП удлиняло время, прошедшее с момента их искусственного оплодотворения до начала деления (В.Г.Сафронова и соавт., 1992). Отмечены нарушения на ранних стадиях эмбрионального развития морского ежа под влиянием слабого магнитного поля (В.Г.Сафронова и соавт., 1992а). Обнаружено значительное возрастание числа аномалий развития у тритона через 20 суток после воздействия ослабленного ГМП на оплодотворенные яйца животных (W.Asashima e.a., 1991).

В большом числе экспериментальных исследований доказано использование ГМП для ориентации ракообразных (М.С.Arendse, 1978; М.С.Arendse, A.Barendregt, 1981; М.С.Arendse, C.J.Kruyswijk, 1981), пчел

(M.Lindauer, H.Martin, 1968; 1972), рыб (A. Kalmijn, 1978; T.P.Quinn, 1980; T.P.Quinn e.a., 1981; 1982), птиц (W.T.Keeton, 1971; C.Walcott, 1977), грызунов (J.G.Mather, R.R.Barker, 1981; 1982).

В ряде экспериментов обнаружено влияние ГГМП на систему крови и иммунологические процессы. Пребывание крыс в течение 3 месяцев в ГГМП с коэффициентом экранирования 172,5 вызвало изменения ряда показателей системы свертывания крови (снижение показателя упругости и эластичности кровяного сгустка, количества тромбоцитов). Обнаружены различия геометрических характеристик эритроцитов (Р.В.Смирнов и соавт., 1991). Отмечены фазные изменения в свертывающей системе в зависимости от времени экспозиции животных в ГГМП (Е.Н.Панасюк и соавт., 1991).

Выявлены изменения миелограммы у крыс после пребывания в ослабленном в 172,5 раза ГМП в течение 90 суток (В.В.Азаренко, Р.В. Смирнов, 1991). Установлено, что в условиях ГГМП СОЭ замедляется на 50% (Н.К.Голобоцкий, Ф.П.Космолинский, 1973; А.С.Головацкий и соавт., 1978). У кроликов, находящихся в ГГМП с индукцией 10 мкТл в течение 1-1,5 месяцев выявлено сокращение времени начала свертывания крови, связанное с гипертромбоцитозом (Л.В.Забродина, 1969; 1971; 1972).

Отмечено уменьшение на 30% фагоцитарной активности лейкоцитов периферической крови кроликов после 30-минутного воздействия ГГМП, снижение активности щелочной и кислой фосфатазы, и трансаминазы в серозных макрофагах под влиянием ГГМП (80 нТл) в течение 16 часов (Л.В.Василик-Паркулаб, 1972; Ch.C.Conley e.a., 1966; Ch.C.Conley 1969).

Затрагивало ГГМП также и функцию репродуктивной системы. Отмечен рост доимплантационной смертности у самок кроликов, оплодотворенных самцами, содержащимися в ГГМП (О.В.Смирнова, Р.В.Смирнов, 1991). Масса семенников у этих животных увеличивалась через 45 суток воздействия и возвращалась к норме на 90 день (Р.В.Смирнов, Г.Ф.Чулкова, 1991).

Значительные изменения в организме вызвало ГГМП на уровне биохимических процессов. Обнаружено угнетение тканевого дыхания у кроликов месячного возраста, находившихся с момента рождения в ослабленном в 600 раз ГМП (В.И.Копанев, А.В.Шакула, 1985). Отмечено снижение АТФ-азной активности, угнетение пентозного пути окисления углеводов в ткани печени и слизистой оболочке желудка (А.В.Шакула, И.Ш.Галеев, 1979), возрастание активности ЛДГ. Во всех отделах гастродуоденальной системы отмечено уменьшение гастрин- и гистаминпродуцирующих клеток (Г.Д.Ефименко и соавт., 1978).

Геоманнитное поле, ослабленное в 500-1000 раз вызывало изменения содержания РНК, общего белка, липидов, ферментативной активности

кислой и щелочной фосфатаз, сукцинатдегидрогеназы в печени и селезенке крыс, активизацию обмена нуклеиновых кислот (С.И.Галантюк, 1975). Отмечены признаки жировой дистрофии печени крыс при воздействии ГТМП в течение 45 суток (Б.А.Насибуллин и соавт., 1991).

Обнаружено влияние ослабленного ГМП на поведение животных. Ряд авторов отмечают снижение двигательной активности животных при длительном пребывании в ГТМП (З.Н.Нахильницкая и соавт., 1978; В.И.Левина и соавт., 1991). При продолжительном нахождении мышей и крыс в ГТМП (коэффициент ослабления 500) выявлены изменения отдельных показателей условнорефлекторной деятельности (И.П.Косова и соавт., 1993). У цыплят наблюдалось изменение реакции импринтинга - увеличение вдвое латентного периода запечатлевания (Г.А.Марсагишвили и соавт., 1991).

Ряд авторов выполнили исследования влияния ГТМП на функциональное состояние нервной системы и нейро-гуморальной регуляции. Пребывание крыс в ослабленном в 2 раза ГМП в течение 100 суток вызвало в ЦНС изменения дистрофического и компенсаторно-приспособительного характера (Р.А.Шапранов и соавт., 1993). Выявлено замедление двигательной активности реснитчатого аппарата сильвиевого водопровода новорожденных белых крыс под влиянием изменений вертикальной составляющей ГМП (И.К.Сванидзе и соавт., 1991).

Циклические колебания синтетической активности нейронов имели сходство с адаптивными перестройками по типу стресс-реакции, что, по мнению авторов, можно использовать для повышения резистентности организма к неблагоприятным факторам окружающей среды (Б.А.Насибуллин, Р.А.Шапранов, 1990).

В нескольких работах описано влияние ГТМП на процессы нейро-гуморальной регуляции.

В первые часы пребывания морских свинок в ГТМП с коэффициентом экранирования 80-120 отмечено повышение активности моноаминоксидазы в миокарде и крови. В более поздние сроки опыта наблюдалось возвращение активности фермента к норме с последующим значительным снижением через 10 суток. В этот же срок наблюдалось уменьшение уровня серотонина в миокарде. Концентрация гистамина в сердечной мышце возрастала в первые часы воздействия, после чего обнаружено резкое снижение исследуемого показателя (В.И.Бабич, Е.Н.Панасюк, 1991).

Отмечено повышение чувствительности мускулатуры тонкого кишечника морской свинки к действию гистамина, ацетилхолина и серотонина (В.И.Бабич и соавт., 1989 а, б).



Длительное пребывание крыс в ГТМП вызвало увеличение содержания норадреналина и дофамина в гиппокампе и снижение концентрации норадреналина в коре (В.Я.Сандодзе и соавт., 1991).

Гистохимические изменения в коре надпочечников мышей, вызванные действием гипомагнитной среды с напряженностью 0,01 Э в течение 8 суток, свидетельствуют об активизации функции коры надпочечников, сопровождающейся увеличением активности щелочной фосфатазы и снижением содержания липидных включений. С увеличением времени пребывания животных в гипомагнитной среде до 30 суток функция коркового вещества подавлялась. Характерным было длительное последствие. Однако отмечена определенная тенденция к нормализации отмеченных сдвигов после выведения животных из гипомагнитной среды, что свидетельствует об обратимости нарушений, вызванных действием ГТМП на животных в течение 8-30 суток (И.М.Костиник, 1975; И.В.Шуст, 1976).

Имеется небольшое число работ, посвященных изучению влияния ГТМП на человека. У людей, находившихся в течение 5 дней в экранированной комнате (индукция 50 нТл), отмечено снижение критической частоты световых мельканий, вернувшейся к норме при возвращении в нормальную геомагнитную среду (D.E.Beisher, E.F.Miller, 1962; D.E.Beisher e.a., 1967; D.E.Busby, 1967; 1968).

Длительное нахождение в бетонном бункере со снижением в 100 раз индукции ГМП приводило к увеличению периодов циркадных ритмов, изменению времени реакции (R.Wever, 1967; H.Friedman e.a. 1967).

Многолетний клинический опыт показывает, что у некоторой части населения незначительные колебания естественного геомагнитного фона, составляющие сотые доли от его уровня, могут приводить к серьезным последствиям и даже в некоторых случаях у особо ослабленных людей к инфарктам, инсультам и смертельным исходам (И.Г.Акоев, 1988).

Долгое время среди исследователей было распространено мнение о том, что слабые магнитные поля не могут быть биологически активным фактором. Эта точка зрения основывалась на том, что энергия взаимодействия таких полей с входящими в состав живого организма молекулами ниже энергии теплового движения (Я.Г.Дорфман, 1962; 1971).

В связи с этим А.С.Пресман (1968) предложил концепцию информационного воздействия. Биологические эффекты, обусловленные такими взаимодействиями, должны зависеть уже не от величины энергии, вносимой в ту или иную биологическую систему, а от значения вносимой в неё информации. Сигнал, несущий информацию, вызывает перераспределение энергии в самой системе, управляет происходящими в ней вещественно-энергетическими процессами. Если чувствительность систем к восприятию информационных сигналов достаточно велика, то передача в неё информа-

ции может осуществляться с помощью весьма малой энергии. Неизбежно напрашивается вывод, что способность биосистем к таким взаимодействиям должна была сформироваться в результате эволюционной приспособленности организмов к реакциям на ЭМП биосферы.

Физические явления, лежащие в основе взаимодействия ослабленных ГМП с биологическими системами, по-видимому, связаны с комплексом магниторезонансных явлений в физико-химических и биологических процессах (С.Ф. Blackman e.a., 1985). Роль циклотронного резонанса в реализации биологических эффектов слабых магнитных полей подтверждена в экспериментах J.R. Thomas e.a. (1986), А.Н. Jafary-Asl e.a. (1983).

Кроме того, прогресс в исследовании механизмов биологического действия низкоуровневых магнитных полей связан с развитием представлений о неравновесных кооперативных системах (Э.И. Андрианкин и соавт., 1983; Н. Frolich, F. Kremer, 1983; S.D. Smith e.a., 1987).

Некоторые другие эффекты могут иметь значение при реализации влияния магнитных полей на биохимические реакции. На активность ферментов может повлиять изменение угла химической связи парамагнитных молекул в ПМП (М.А. Шишло, 1971). ПМП может изменять физические свойства воды: поверхностное натяжение, вязкость, электропроводность, диэлектрическую проницаемость (М.А. Шишло, 1971), что может оказывать влияние на ферментативные реакции (Р. Сетлоу, Э. Полард, 1964; Л. Уэбб, 1966). Л.А. Бучаченко (1974) сформулировано предположение о механизме действия магнитных полей, не связанном с изменением энергетики реакций, а обусловленном влиянием поля на вероятность свободнорадикальных реакций. Е.З. Гак и соавт. (1978) обнаружили под влиянием магнитных полей изменения кинетики и скорости протекания гетерогенных реакций в биологических системах. Авторы объясняют это наличием в живых системах эндогенных токов, объемных зарядов, парамагнитных молекул и свободных радикалов, позволяющих характеризовать единицу объема живой ткани определенной магнитной восприимчивостью.

Особый интерес представляет проблема магниторецепции. По мнению W.R. Adey (1988; 1989), в мембранах нервных клеток имеется специализированный белок, воспринимающий низкоинтенсивные электромагнитные воздействия. Кроме того, по мнению автора, полученный сигнал далее распространяется не только через синапсы, но и как вибрационный процесс.

Обнаружена способность некоторых бактерий воспринимать ГМП с помощью специального органоида - магнитосомы, содержащего биогенный магнетит (D.L. Balkwill t.a., 1980; R.P. Blakmore e.a., 1981; Э.Г. Линс де Барро, Д.М.С. Эскуивель, 1989). Высказано предположение о возможности подобного механизма рецепции ГМП у высших животных. В их организме обнаружен биогенный магнетит Н.А. Lowenstam, 1962; 1981; J.L. Gould e.a., 1978;

С. Walcott e.a., 1979) однако его участие в рецепции этими животными ГМП в настоящее время не доказано (Д.Г.Мазер, 1989).

Имеются многочисленные данные о восприятии магнитных полей человеком (Ю.А.Холодов, 1962; 1991; 1992; 1993), в том числе о роли ноцицептивной системы в магнорецепции.

Приведенные существующие представления о возможных механизмах действия слабых магнитных полей допускают влияние этих факторов на различные физико-химические процессы, происходящие в организме. Однако реакция целого организма представляет собой более сложное явление и служит как бы последующим этапом в реализации биоэффекта.

Одной из наиболее чувствительных систем организма к действию магнитных полей является центральная нервная система. На основании исследования биоэлектрической реакции головного мозга на воздействие данного физического фактора Ю.А.Холодов (1966, 1975, 1988) отмечает генерализованный характер ответной реакции, захватывающей все исследованные корковые и подкорковые отделы с одинаковым латентным периодом. Автор доказал непосредственное влияние ПМП на ткань мозга. Изолированный мозг и нейронально-изолированная полоска коры реагирует на ПМП более интенсивно и с меньшим латентным периодом, чем интактный мозг (Ю.А.Холодов, 1971; С.Н.Лукиянова, 1970). Непосредственное воздействие ПМП (50-660 мТ) на нервную ткань доказано также в опытах на изолированных препаратах центральной нервной системы беспозвоночных по изменению спонтанной активности нейронов (С.Н.Лукиянова, 1967; O.D.Sittler, D.R.Russel, 1969), По интенсивности изменений биоэлектрической активности наиболее чувствительными к ПМП оказались гипоталамус и кора больших полушарий. Наименьшая реакция наблюдалась в ретикулярной формации среднего мозга (Ю.А.Холодов, 1966; 1972; 1975; С.Н.Лукиянова, 1967).

Следствием изменения реакции ЦНС на магнитное поле является изменение двигательной активности (Ф.А.Мещеряков, В.И.Лапин, 1975; Л.А.Андрианова, Н.П.Смирнова, 1977; J.M.Varnothy, 1960), работоспособности животных (Л.М.Ананьев, Н.А.Климентьева, 1972; Л.Д.Климовская, Н.П.Смирнова, 1978), высшей нервной деятельности, выражающееся в изменении процессов формирования, закрепления и сохранения условных рефлексов (Ю.А.Холодов, Г.Л.Веревкина, 1962; Г.А.Аминев и соавт., 1966; 1967; П.Н.Козлова и соавт., 1969; Т.Т.Рысканов, 1977; E.Kuzman e.a., 1971).

Высокая чувствительность центральной нервной системы к магнитным полям объясняется, вероятно, тем, что небольшие изменения в элементарных нервных структурах суммируются, становятся значимыми в реакции целостной, сложно организованной системы (M.Valentinuzzi, 1965; V.R.Adey, 1975). Ю.А.Холодов (1971; 1998) подчеркивает неспецифический

характер реакции ЦНС на магнитные поля, так как подобная реакция обнаруживается при действии электромагнитных полей радиочастот, ионизирующих излучений и других физических факторов среды.

Следствием непосредственного влияния магнитных полей на ЦНС является нейро-гуморальная реакция организма. В частности, под действием этого фактора наблюдались значительные изменения в ГГНС.

Переменное магнитное поле (200 Э, 50 Гц) вызывало двухкратное повышение АКТГ и 11-ОКС в крови крыс через 15 минут после начала воздействия. У гипофизэктомированных животных подобные процессы не обнаружены. При многократном воздействии наблюдались фазные изменения концентрации гормонов (Н.А.Удинцев, В.В.Мороз, 1976; В.В.Мороз, 1983). По мнению авторов, действие магнитного поля на организм в значительной степени опосредуется через ГГНС.

Волнообразные колебания функции коры надпочечников отмечены при многократном периодическом воздействии ПМП той же напряженности по 20 минут в сутки (М.М.Серых и соавт., 1980), Аналогичные результаты получены Л.А.Андриановой (1975) при напряженности 1000-4500 Э. ПМП с индукцией 10 мТл также вызывало нарастание АКТГ-активности гипофиза (И.Л.Слободянюк, М.П.Захарченко, 1990) и коры надпочечников (И.Л. Слободянюк и соавт., 1991; 1998; И.Л.Слободянюк, В.Р.Лядов, 1991). Многочисленные исследования также свидетельствуют, что магнитные поля различных характеристик вызывали активизацию коркового (В.В.Мороз, 1974, Н.А.Удинцев, В.В.Мороз, 1974; Н.А.Кленова, 1976; Е.А.Загорская и соавт., 1991) и мозгового (Абеутова и соавт., 1990; Н.А.Темурьянц и соавт., 1991) вещества надпочечников людей и лабораторных животных, стимулировали метаболизм катехоламинов (А.Н.Доева е.а., 1990).

Имеются многочисленные данные о влиянии ацетилхолина и гистамина на функцию коры надпочечников. Стимуляция ацетилхолином этой железы обнаружена в экспериментах на клеточном уровне (А.А.Наджян т.а., 1982), через гипоталамус и гипофиз в опытах с использованием холинолитиков, холиномиметиков и антихолинэстеразных препаратов (Е.В.Науменко, 1971; Я.И.Ажипа, 1976). Активизация коры надпочечников при воздействии магнитного поля предотвращалась атропином (В.В. Мороз, 1983).

Приведенные данные дают основание предполагать, что ацетилхолин играет важную роль в реакции организма на магнитные поля. Однако этот вопрос практически не исследован. Несколько работ посвящено изучению влияния высокочастотных, переменных и импульсных магнитных полей на активность АХЭ в крови и мышцах мышей, крыс, собак (Т.И.Олигер, 1974; А.П.Салей, 1975; Е.Б.Квакина и соавт., 1977; Л.М.Меркулова и соавт., 1979; Л.И.Абрамов, Л.М.Меркулова, 1980), Авторы наблюдали фазные из-

менения активности фермента в период многократного воздействия магнитного поля.

Аналогичные результаты получены при исследовании воздействия ПМП на кроликов и мышей (М.А.Уколова и соавт., 1972; Л.Д.Климовская, А.Ф.Маслова., 1981; 1982). У крыс обнаружено повышение активности АХЭ в головном мозге (И.А.Чернышевская, 1988).

Имеются данные о влиянии ПМП на содержание АХ и активности АХЭ в изолированном сердце лягушки (М.Young, 1969; Н.Ф.Жданова, В.П.Нужный, 1975). Предполагается, что в этом случае имело место непосредственное воздействие ПМП на клеточные мембраны и вследствие этого на АХЭ, являющуюся мембраносвязанным ферментом.

Многочисленными исследованиями выявлено участие гистамина в стимуляции гипофизом секреции гормонов коры надпочечников (B.N.Halpern, 1952; D.N.De Carli, A. Castro-Vasquez, 1971; T.Hirose e.a., 1976).

В ряде экспериментов получены данные, свидетельствующие об опосредованном влиянии гистамина на секрецию АКТГ через гипоталамус (И.Д.Вайсфельд, Г.Н.Кассиль, 1981; В.Н.Ельский, 1976; Т.Х.Марукян и соавт., 1973). Имеются данные о снижении ПМП активности гистамина (Т.В.Митина, В.И.Бабич, 1973; В.И.Бабич, 1974).

Значительную роль в реализации биологических эффектов магнитных полей играет серотонин (Л.М.Меркулова, 1989; 1990 а, б).

Таким образом, представленные материалы раскрывают значительную роль симпато-адреналовой и гипофизарно-надпочечниковой систем, а также участие ацетилхолина, гистамина и серотонина в механизме биологического действия магнитных полей. Однако большинство исследований проведено с использованием полей, значительно превышающих по интенсивности ГМП. В связи с этим представляет интерес проанализировать реакцию указанных систем на низкоинтенсивные магнитные поля и, в частности, на ГГМП.

Данные по влиянию ослабленных ГМП на организм немногочисленны и неполны. В доступной нам литературе отсутствуют системные исследования комплекса участвующих в адаптации гормонов и медиаторов, которые позволили бы выявить механизм биологического действия ГГМП. Не проводились исследования биологических эффектов искаженного ГГМП, наблюдающихся при неравномерном экранировании.

Отсутствуют работы с использованием нагрузочных тестов, позволяющие выявить латентные изменения систем поддержания гомеостаза, что может представлять особый интерес при изучении такого низкоинтенсивного физического фактора среды, как ГГМП.

Неисследованным является также биологический эффект комбинированного воздействия на организм ГМП с другими физическими факторами окружающей среды. Не изучались процессы реадaptации при возвращении животных к нормальной интенсивности внешнего магнитного поля после пребывания в ГМП.

## ГЛАВА II. Методические подходы к изучению воздействия физических факторов окружающей среды

Эксперименты проведены на морских свинках-самках массой 200 - 400 г, и крысах массой 180-200 г. Животных подвергали воздействию гипомагнитного поля, искаженного геомагнитного поля, постоянного магнитного поля, электромагнитного излучения, а также комбинированному действию названных физических факторов с ионизирующим излучением, повышенной температурой окружающей среды и гипоксией.

### *Экранирование геомагнитного поля*

Для изучения эффекта влияния на организм животных ГГМП и ИГМП их содержали в металлических камерах, каждая из которых создавала большую или меньшую степень снижения естественного фона ГМП.

Две из них, предназначенные для создания ИГМП, были изготовлены из пермаллоя толщиной 1 мм (сварены из полос шириной 170 мм, которые крепились к алюминиевому каркасу). Ширина и высота камер были равны 0,5 м, длина одной - 0,5 м, другой - 1 м. Сверху камеры открыты, что было необходимо для обеспечения свободного газообмена. В соответствии с поставленной задачей магнитное поле в них было сильно искаженным и неравномерным по величине и направлению. Его индукция варьировала от нуля до двухкратного превышения индукции ГМП.

Две другие камеры представляли собой стальные цилиндры (толщина стенки 2 мм), имеющие металлическое дно и открытые сверху, были предназначены для создания ГГМП. Первый из них имел диаметр 0,57 м и высоту 0,9 м, второй 0,45 и 0,63 м соответственно. Большой цилиндр ослаблял ГМП в 3 раза, а меньший в 2 раза. При помещении одного цилиндра в другой коэффициент экранирования достигал 10. Магнитное поле внутри цилиндров вблизи дна (измерения проводились до высоты 10 см) было равномерным по величине индукции и направлению. Измерения индукции ГМП проводены магнитометром однокомпонентным типа МО.

Контрольных животных содержали в аналогичных условиях в деревянных клетках, находившихся в том же помещении на расстоянии 5-6 м от экспериментальных камер.

В экспериментах по исследованию влияния гипогеомагнитного поля в период развития АШ животных помещали в камеры после сенсibilизации.

Для воздействия ПМП на морских свинок использовали установку УМ-7, изготовленную Производственным объединением Завод им. Масленникова (ЗИМ), г. Самара.

Установка состоит из соленоида, в котором создается ПМП, и источника питания, благодаря которому индукция поля может плавно меняться от 0 до 45 мТ. Градиент индукции составил 0,05 - 0,1 Т/м по продольной оси соленоида и не превышал 0,01 Т/м по поперечным горизонтальной и вертикальной оси. Измерения индукции ПМП и ее градиента проведены в центральной лаборатории объединения ЗИМ на стандартной баллистической установке БУ-3.

Для изучения биологического действия ПМП в соленоид одновременно помещали 8-10 морских свинок. Сеансы всех физических воздействий проводили в утренние часы (9-11 часов утра). Контрольных животных сажали в невключенный аппарат при сохранении всех остальных условий опыта.

В экспериментах на крысах была использована магнитная установка собственной конструкции (А.с. № 1553141, 1989). Устройство для воздействия на биологические объекты ПМП позволяет получить в большом объеме максимально однородное магнитное поле. Конструкция позволяет одновременно воздействовать ПМП на 30 - 40 половозрелых белых крыс. Величина магнитной индукции в месте нахождения лабораторных животных может плавно меняться от 0 до 0,1 Тл (100 мТл). Однородность магнитной индукции во всех участках межполюсного пространства (место нахождения контейнера с животными) около 98,5%, что отличает данную конструкцию от известных промышленных и индивидуально изготовленных генераторов ПМП, используемых при изучении магнитобиологических и магнитотерапевтических эффектов.

### *Сверхвысокочастотное электромагнитное излучение*

Воздействие ЭМИ на животных производили с помощью аппарата для микроволновой терапии ЛУЧ-58. Длина волны составляла 12,6 см, Режим воздействия непрерывный, без модуляции. Поляризация линейная.

Для облучения использовали безэховую камеру, сконструированную ЗИМ.

Корпус изделия выполнен из алюминия толщиной 3 мм и был покрыт внутри резиновым поглотителем со встроенными переотражателями. Размер камеры 1,2 × 0,6 × 0,6 м. Внутри находится излучающая антенна.



Неравномерность дозы облучения составляла 15%. В экспериментах использовалась интенсивность 1, 10, 30 и 50 мВт/см<sup>2</sup>. Измерения интенсивности излучения производили радиометром ПЗ-9.

Для облучения животных помещали в фанерный ящик размером 0,5 × 0,5 × 0,07 м, разделенный фанерными перегородками на 18 ячеек, в каждой из которых находилось по одной свинке. Размер ячейки 16 × 8 × 7 см. Ящик имел многочисленные отверстия для предотвращения развития гипоксии у животных в период облучения.

В силу размеров ячеек свинки располагались в них свободно, без специальной фиксации боком к источнику излучения и сохраняли это положение в момент открывания коробки по окончании сеанса. Сажали животных в ящик то левым, то правым боком к излучающей антенне через день. В сериях с однократным воздействием облучали с левого бока. Контрольных свинок помещали в той же коробке в невключенную установку на такой же срок, как и опытных. При интенсивности излучения 50 мВт/см<sup>2</sup> животных помещали в ящик меньших размеров - 36 × 26 × 8 см, располагавшихся в центре поля облучения и содержащих 9 ячеек 12 × 8 × 8 см на расстоянии 40 см от антенны. До и после сеанса облучения у морских свинок измеряли ректальную температуру электротермометром медицинским ТПЭМ-1, используя самый малый датчик.

### *Ионизирующее излучение*

Облучение морских свинок производили рентгеновским излучением на аппарате РУП-150/300-10-1 при следующих условиях: напряжение 200 кВ, сила тока 5 мА, фильтр медный - 0,5 мм и алюминиевый - 1 мм; кожно-фокусное расстояние 0,5 м; мощность дозы - 0,13 Гр/мин.

Животных за 20-30 секунд до облучения помещали в фанерный ящик размером 0,5 × 0,5 × 0,07 м, разделенный фанерными перегородками на 18 ячеек, в каждой из которых находилось по одной свинке. Размер ячейки - 16 × 8 × 7 см. Ящик имел многочисленные отверстия. Неравномерность дозы облучения составляла 33%. Расстояние от источника излучения до дна ящика было равно 0,5 м.

### *Повышенная температура среды пребывания животных*

Воздействие теплым воздухом производили на оригинальной установке. Животных помещали в камеру из фанеры с крышкой из оргстекла размером 0,6 × 0,4 × 0,22 м. Одновременно там находилось 10-20 свинок. В полу камеры имелось большое количество мелких отверстий (5 мм), через которые подавался теплый воздух электрокалорифера. В верхней части камеры в

стенках были сделаны несколько закрывающихся отверстий (20 мм) для регуляции скорости прохождения воздуха. Температура регулировалась с помощью трансформатора ЛАТР-1М, к которому был подключен источник тепла или реле с контактным термометром, во всех частях камеры температура воздуха была одинакова. Температуру в камере измеряли ртутным термометром. Продолжительность воздействия составляла 30 минут.

### *Воспроизведение анафилактического шока*

Была выбрана классическая модель анафилактического шока, отработанная на морских свинках. Эксперименты проводили по следующей методике. Животных сенсибилизировали однократным внутривентральным введением нормальной лошадиной сыворотки. Затем группу свинок, часть которых была сенсибилизирована, подвергали воздействию исследуемого фактора. На 21-е сутки с момента начала эксперимента всем животным вводили внутривенно 0,5 мл той же сыворотки. Таким образом, у сенсибилизированных морских свинок воспроизводился АШ, несенсибилизированные животные служили для сравнения. Контролем также являлись необлученные свинки, которым вводили разрешающую дозу сыворотки. Через 3 минуты после инъекции морских свинок декапитуировали.

В некоторых опытах животных сенсибилизировали 0,1 мл разведенной 1:100 нормальной лошадиной сыворотки. Такая доза была выбрана, чтобы вызвать достаточно слабый АШ. Это было необходимо для анализа процессов, происходивших как при уменьшении, так и при усилении тяжести исследуемой реакции. Срок разрешающей инъекции также был в отдельных экспериментах другим, но не ранее 16 суток с момента сенсибилизации.

### *Методы биохимических исследований*

Объектом исследования являлись кровь, головной мозг и надпочечники животных. В эксперименте определяли содержание адреналина, норадреналина (В.Г.Подковкин, 1988 а), гистамина, серотонина (В.Г. Подковкин, 1988 б), 11-ОКС (В.Г.Подковкин, 1988 в), активность АХЭ (В.Г. Подковкин, 1992).

Для выполнения биохимических исследований животных забивали путем декапитации с помощью специально разработанного нами устройства гильотины, собирали кровь для исследования. Часть её, предназначенную для определения катехоламинов, гистамина, серотонина сливали в мерный цилиндр, содержащий 8 мл 10% трихлоруксусной кислоты, перемешивая встряхиванием. Затем в цилиндр добавляли кислоту в таком количестве, чтобы соотношение крови и кислоты было равно 1:4, еще раз тщательно

перемешивали и в плотно закрытых флаконах помещали в холодильник для экстракции на 1-2 суток. После этого центрифугировали 15 минут при 3000 об/мин на лабораторной центрифуге ЦЛК-1. Полученный экстракт хранили в плотно закрытых флаконах в холодильнике и использовали для определения гистамина, серотонина (анализ производили в первые сутки) и катехоламинов (выполняли не позднее 3 суток). В описанных условиях потери исследуемых веществ не превышали 2-5%.

Другую часть крови собирали в стакан с 1 мл 5% раствора ЭДТА, непрерывно перемешивая круговыми движениями, после чего немедленно переливали в мерную центрифужную пробирку, центрифугировали 15 минут при 3000 об/мин.

Количество плазмы и эритроцитов записывали, затем плазму отсасывали и хранили в холодильнике несколько суток. В плазме и эритроцитах определяли содержание 11-ОКС и активность АХЭ.

Головной мозг быстро извлекали, взвешивали, измельчали в стеклянном гомогенизаторе с эбонитовым пестиком при 5000 об/мин, с помощью измельчителя тканей РТ-2 десятикратным опусканием пестика в 10 мл 10% раствора трихлоруксусной кислоты. Затем сосуд споласкивали 10 мл кислоты, которую приливали к экстракту. Через сутки фильтровали через бумажный мелкопористый фильтр.

Надпочечник быстро извлекали, взвешивали на торсионных весах, измельчали в гомогенизаторе из оргстекла при 5000 об/мин в 5 мл 30% этанола для определения 11-ОКС и в 5 мл 10% раствора трихлоруксусной кислоты для определения катехоламинов.

Оценку морфофункционального состояния коры надпочечников проводили, используя комплекс морфологических, гистохимических, цитоспектрофотометрических и морфометрических методов. Фиксация тканей проводилась в различных средах в зависимости от целей. Серийные парафиновые срезы надпочечников окрашивали гематоксилином и эозином.

Для гистохимического выявления аскорбиновой кислоты в коре надпочечников пользовались методом, предложенным Жиру и Леблон в модификации Г.Г.Непряхина и В.П.Нефедова (1975).

Сукцинатдегидрогеназу (СДГ) и лактатдегидрогеназу (ЛДГ) в коре надпочечников определяли по их оптической плотности на однолучевом цитоспектрофотометре, принципиальная схема которого не отличалась от описанных в литературе образцов подобного типа. При измерении оптической плотности ферментов в каждой серии экспериментов проводили не менее 400 замеров на основании расчетов при планировании исследования.

С помощью винтового окуляр-микрометра МОВ-1-15Х измеряли ширину коры надпочечников, ширину зон (клубочковой, пучковой, сетчатой).

В каждой зоне вычисляли объем клетки по формуле:  $V = 1/6\pi ab^2$ , где а и b - соответственно малая и большая оси клетки.

Объем ядра и объем ядрышка рассчитывался по формуле объема шара:  $V = 1/6\pi a^3$ , где а - диаметр измеряемого объекта.

Вычисленные первичные морфометрические показатели объемов клеток, ядер, ядрышек во всех зонах коры надпочечников служили основанием для определения соотношения внутриклеточных структур, а именно, цитоплазменно-ядерных, цитоплазменно-ядрышковых, ядерно - ядрышковых отношений.

Полученные в экспериментах результаты подвергали статистической обработке по общепринятой методике по Стьюденту (Г.Ф.Лакин, 1990; Ю.П.Фролов, 1996). Изменения исследуемых показателей считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Количественные характеристики, отражающие различные стороны морфофункционального состояния коры надпочечников, обработаны с помощью системного многофакторного анализа (Б.А.Углов и соавт., 1994).

### ГЛАВА III. Особенности гуморальной регуляции в условиях воздействия ГГМП и ИГМП

В соответствии с поставленной задачей были проведены исследования динамики изменений состояния гормонально-медиаторной регуляции у животных в период пребывания в ослабленном в 2, 3 и 10 раз ГМП и ИГМП, а также после прекращения действия исследуемых факторов и при многократном воздействии.

#### 3.1. Кратковременное воздействие ГГМП

Для исследования биологических эффектов ГГМП животных помещали в двойной стальной цилиндр, имеющий коэффициент экранирования 10. Контрольных свинок одновременно помещали в деревянную камеру такого же размера. Это было необходимо для того чтобы исключить возможность влияния реакции, вызванной незнакомым помещением. Другая часть контрольных животных оставалась в обычной клетке и служила для сравнения. По истечении необходимого времени морских свинок извлекали из экранирующей камеры и в течение одной минуты забивали путем декапитации. Забой производили в другом помещении, чтобы не вызвать стрессорной реакции у оставшихся в живых свинок.

Концентрация в крови адреналина значительно повышалась после получасового пребывания морских свинок в ГГМП (рис.3.1).

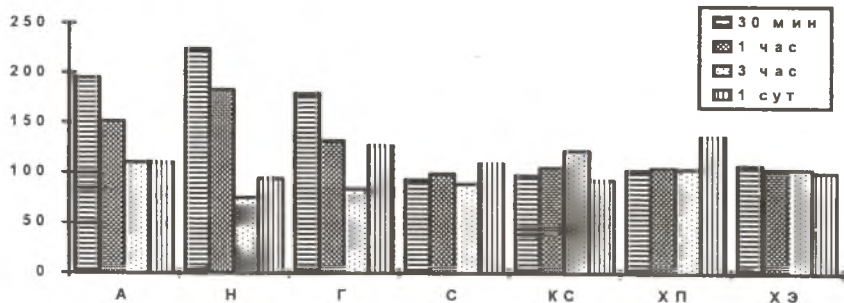


Рис. 3.1. Содержание биологически активных веществ в крови животных при воздействии ГГМП (в % от контроля).  
А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин,  
КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы,  
ХЭ - холинэстераза эритроцитов

Через час исследуемый показатель оставался выше контроля, но несколько ниже, чем через полчаса. При трехчасовом экранировании уровень этого биогенного амина не отличался от контроля. Через сутки количество адреналина оставалось в пределах нормы.

Концентрация норадреналина в крови животных изменялась аналогично. Вначале отмечено повышение исследуемого показателя, а затем его постепенное снижение до нормы. Содержание гистамина в крови морских свинок в первые полчаса значительно возрастало. Затем наблюдалось уменьшение этого показателя. Динамика концентрации 11-ОКС (у морских свинок практически соответствует гидрокортизону) отличалось от наблюдавшейся у предыдущих веществ. При получасовом пребывании в экранирующей камере исследуемый показатель не отличался от контроля. После воздействия продолжительностью 1 час наблюдалась тенденция к повышению концентрации кортикостероидов. При трехчасовой экспозиции это увеличение уже было статически значимым. Однако через сутки уровень 11-ОКС возвратился к норме.

Активность АХЭ как в плазме, так и в эритроцитах существенно не отличалось от контроля на протяжении 3 часов наблюдений, хотя можно отметить небольшую тенденцию к увеличению активности фермента в течение трехчасового наблюдения. Через сутки наблюдалось возрастание АХЭ плазмы (рис. 3.1).

Обобщая приведенные выше данные, необходимо отметить биологическую активность ГГМП, которая проявляется в изменении содержания в крови морских свинок веществ, участвующих в регуляции ряда физиологических и биохимических процессов в организме. Характер этих изменений показывает быструю реакцию регулирующих систем при попадании животного в ГГМП и последующую адаптацию к действию этого физического фактора.

Концентрация адреналина в головном мозге морских свинок была повышена через полчаса после помещения животных в ГГМП (рис.3.2).

Через час содержание этого вещества снизилось до нормы. Однако по прошествии трех часов с момента начала экспериментального воздействия исследуемый показатель уже был ниже контроля. Таким образом, уровень адреналина в головном мозге морских свинок повышался в начальный период пребывания животных в гипомагнитной среде, а затем наблюдалось его постепенное снижение до уровня более низкого, чем у интактных животных.

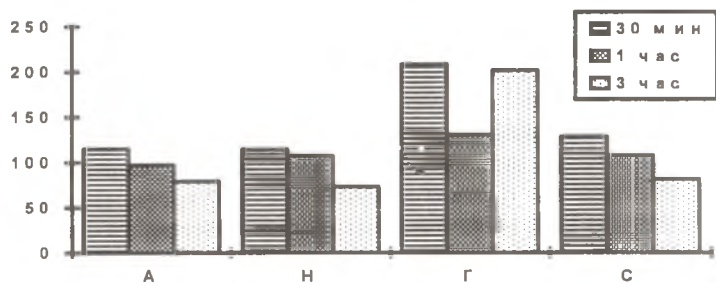


Рис. 3.2. Содержание биогенных аминов в головном мозге животных при воздействии ГГМП (в % от контроля).

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин

Динамика изменений уровня норадреналина в период нахождения животных в ГГМП была сходной с наблюдавшимися колебаниями концентрации адреналина. Отмечено также возрастание исследуемого показателя в первые полчаса воздействия. Через час содержание норадреналина возвратилось к норме. К третьему часу пребывания в ГГМП количество этого вещества было уже ниже контрольной величины. Следовательно, как и при изучении концентрации адреналина в головном мозге, наблюдалось быстрое возрастание и затем постепенное уменьшение исследуемого показателя.

Совершенно иной характер носили изменения концентрации гистамина в головном мозге. В первые полчаса нахождения животных в гипомагнитной среде уровень исследуемого биохимического показателя был значительно повышен (рис.3.2). Через час после начала эксперимента концентрация гистамина значительно снизилась, но при этом оставалась выше нормы. К третьему часу воздействия отмечено новое увеличение количества биогенного амина по сравнению с предыдущим изучавшимся сроком. Следовательно, в первые 3 часа пребывания морских свинок в 10-кратно ослабленном ГМП наблюдались волнообразные колебания содержания гистамина в головном мозге. При этом на протяжении всего проанализированного периода уровень исследуемого биогенного амина оставался значительно выше соответствующего показателя у контрольных животных.

Содержание серотонина в головном мозге морских свинок было повышено через 30 минут после начала воздействия ГГМП. В дальнейшем концентрация этого биогенного амина возвратилась к норме. К третьему часу эксперимента снижение исследуемого показателя продолжалось и его величина уменьшилась ниже контроля.

Таким образом, воздействие ГГМП вызывает у животных кратковременную обратимую физиологическую реакцию на слабый раздражитель в виде последовательного включения отдельных звеньев гуморальной регу-

ляции, В начальный период (30 минут от начала воздействия) наблюдается реакция центральных адренореактивных и серотонинореактивных систем в виде возрастания уровня адреналина, норадреналина, серотонина и гистамина в головном мозге с последующим снижением уровня биогенных аминов. Происходит активизация симпато-адреналовой системы и процессов освобождения гистамина, что выражается в увеличении содержания адреналина, норадреналина и гистамина в периферической крови. На следующих фазах адаптации к ГГМП наблюдается усиление функциональной активности гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы через 3 часа после начала воздействия в виде увеличения уровня 11-ОКС в периферической крови, которое носит обратимый характер. Через сутки отмечается включение холинореактивных систем, выражающееся в возрастании активности АХЭ в плазме крови.

### 3.2. Длительное воздействие ГГМП и ИГМП

Выявив биологическую активность кратковременного воздействия ГГМП, мы поставили задачу проанализировать состояние тех же систем при более длительном сроке пребывания животных в гипомагнитной среде с различной степенью уменьшения естественной величины индукции ГГМП и в ИГМП. При двадцатидневной экспозиции морских свинок в гипомагнитной среде с ослаблением индукции в 3 и 10 раз, а также в ИГМП не выявлено статистически значимых изменений исследуемых биохимических показателей (рис. 3.3).

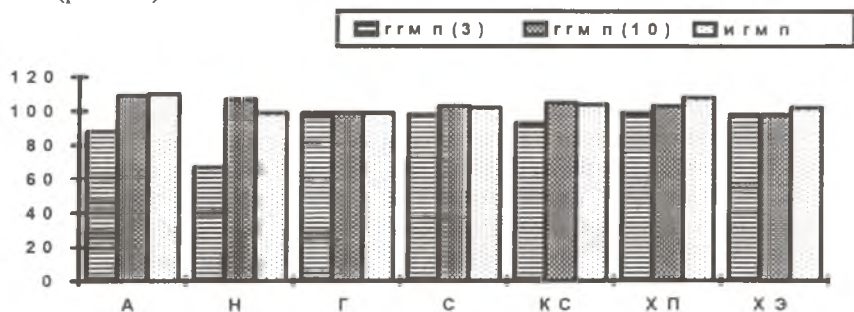


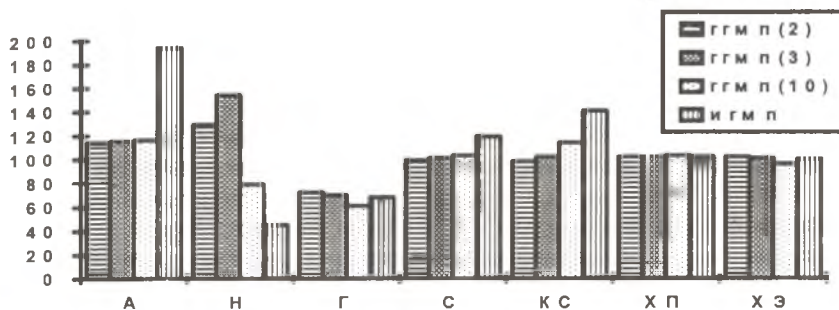
Рис. 3.3. Содержание биологически активных веществ в крови животных после воздействия искаженного и ослабленного в 3 и 10 раз ГМП в течение 20 суток (в % от контроля).

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин,  
 КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы,  
 ХЭ - холинэстераза эритроцитов



Этот результат, по-видимому, можно рассматривать как достижение адаптации организма к ГМП, длительную и устойчивую стабилизацию процессов поддержания гомеостаза на фоне постоянно действующего раздражителя.

На 35 сутки воздействия ГМП у морских свинок, находившихся в экспериментальных камерах с двухкратным ослаблением естественного магнитного фона, можно отметить тенденцию к увеличению концентрации адреналина и норадреналина в крови, хотя эти изменения не были статистически значимыми (рис. 3.4).



**Рис. 3.4.** Содержание биологически активных веществ в крови животных после воздействия искаженного и ослабленного в 2, 3 и 10 раз ГМП в течение 35 суток (в % от контроля).

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы, ХЭ - холинэстераза эритроцитов

Уровень гистамина у этих животных был существенно понижен. Содержание серотонина и 11-ОКС в крови, а также активность АХЭ в плазме и эритроцитах практически не изменялись. Из сказанного можно сделать вывод о том, что пребывание морских свинок в двухкратно ослабленном ГМП на протяжении 35 суток привело к изменениям состояния механизмов поддержания гомеостаза, ответственных за адаптацию к условиям окружающей среды.

У животных, находившихся в помещениях с большим коэффициентом экранирования ГМП, равном 3, отмечались сходные реакции. Также, как и у предыдущей группы, обнаружена тенденция к повышению содержания адреналина и норадреналина в крови, оказавшееся статистически незначимым. Концентрация гистамина была значительно ниже, чем в контрольной группе. Уровень серотонина, 11-ОКС, АХЭ плазмы и эритроцитов оставались в пределах нормы (рис. 3.4).

Таким образом, результаты воздействия ГМП с двух- и трехкратным уменьшением магнитной индукции практически не различались между собой.

Следующая группа морских свинок находилась в гипомагнитной среде с ослаблением индукции ГМП в 10 раз. У этих животных отмечалась тенденция к возрастанию содержания адреналина и снижению концентрации норадреналина в крови (Рис. 3.4) Количество гистамина было существенно снижено. Наблюдалось также незначительное увеличение уровня 11-ОКС. Такие показатели, как серотонин и АХЭ, практически не изменялись. Следовательно, состояние изучаемых систем у морских свинок, находившихся в течение 35 суток в десятикратно ослабленном ГМП, существенно не отличалось от наблюдавшегося в экспериментах с двух-трехкратным снижением индукции ГМП в тот же срок.

Совершенно иные результаты наблюдались у морских свинок, находившихся в ИГМП (Рис.3.4). У этих животных отмечено возрастание концентрации адреналина в крови. Содержание норадреналина у них снижалось. Уровень гистамина в крови также был значительно ниже нормы. Повышенным было количество 11-ОКС в плазме. Незначительным оказалось возрастание концентрации серотонина. Активность АХЭ как в плазме, так и в эритроцитах в наших опытах не менялась.

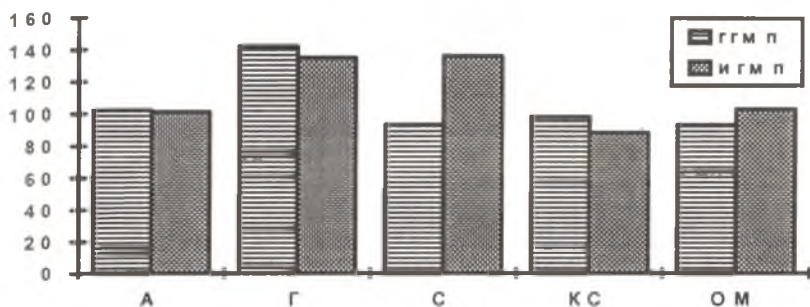
При сравнении наблюдавшихся процессов у животных, подвергавшихся 35-суточному действию ГМП с различным коэффициентом экранирования, было выявлено, что содержание адреналина в крови морских свинок во всех группах обнаруживало тенденцию к увеличению, однако только в случае искаженного ГМП изменения оказались статистически значимыми. Концентрация норадреналина уменьшалась при воздействии искаженного ГМП. Десятикратное ослабление индукции ГМП вызвало аналогичные, но статистически незначимые изменения. Уровень гистамина был понижен на 35-е сутки во всех группах морских свинок в равной степени. Активность АХЭ при всех исследованных величинах индукции ГМП не изменялась как в плазме, так и в эритроцитах. Концентрация 11-ОКС была повышена только у животных, находившихся в ИГМП. При десятикратном ослаблении этот показатель также был несколько выше, чем в контрольной группе. Однако эти различия были статистически незначимыми.

Таким образом, степень ослабления индукции ГМП в пределах 2-10 раз вызывает практически одинаковые (однонаправленные) изменения исследуемых нами биохимических показателей, ИГМП оказалось более биологически активным физическим фактором окружающей среды.

В свете полученных результатов нашей задачей стало более подробное изучение происходящих в организме процессов на 35-е сутки. Для этого было предпринято исследование биохимических изменений в голов-

ном мозге и надпочечнике животных в указанный срок при воздействии десятикратно ослабленного и искаженного ГМП.

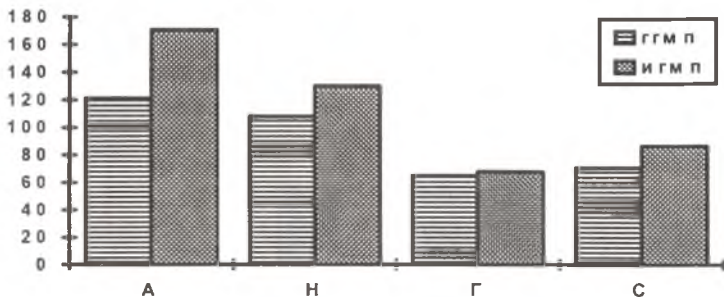
В надпочечниках изменений большинства исследованных нами показателей не обнаружено (Рис.3.5).



**Рис. 3.5. Содержание биологически активных веществ в надпочечниках животных после пребывания в десятикратно ослабленном и искаженном ГМП в течение 35 суток. А - адреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ОМ - относительная масса надпочечника (в % от контроля)**

При десятикратном уменьшении индукции ГМП относительная масса надпочечника не изменялась. Определение концентрации изучаемых веществ в этом органе позволило выявить возрастание количества гистамина. Уровень адреналина, 11-ОКС и серотонина в этих условиях не менялся. Аналогичные результаты обнаружены при анализе последствий 35-суточного пребывания морских свинок в искаженном ГМП. Отмечено увеличение содержания гистамина в надпочечнике при неизменности остальных параметров. В головном мозге животных, находившихся в помещении, ослаблявшем индукцию ГШ в 10 раз, на протяжении указанного срока, выявлено уменьшение концентрации гистамина (рис. 3.6).

Количество остальных веществ практически не изменялось, хотя следует обратить внимание на незначительное повышение уровня адреналина и норадреналина и тенденцию к снижению содержания серотонина.



**Рис. 3.6.** Содержание биологически активных веществ в головном мозге животных после пребывания в десятикратно ослабленном и искаженном ГМП в течение 35 суток. А - адреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ОМ - относительная масса надпочечника (в % от контроля)

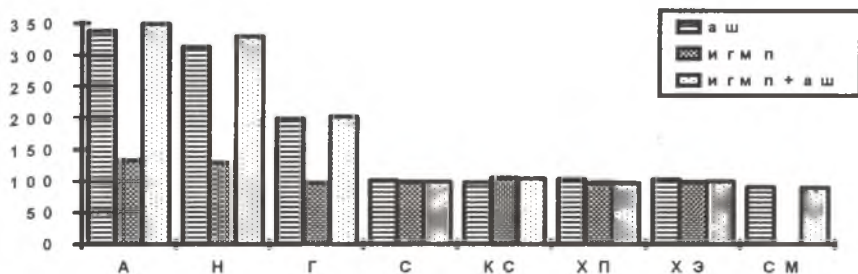
Воздействие ИГМП привело к значительному возрастанию содержания адреналина в головном мозге. Концентрация норадреналина также обнаруживала тенденцию к увеличению, однако отличие от контроля оказалось статистически незначимым. Следовательно, общая направленность изменений уровня катехоламинов мозга при воздействии как ГМП, так и ИГМП была сходной, однако в последнем случае изменения исследуемых процессов оказались более выраженными.

Содержание гистамина в изучаемом органе было существенно снижено. Концентрация серотонина оказалась также незначительно ниже контроля. Таким образом, изменения гистамина и серотонина в мозге при обоих исследуемых видах воздействия были аналогичными.

#### *Влияние ГМП и ИГМП на состояние гуморальной регуляции в условиях нагрузки в виде АШ*

Для более глубокого изучения механизмов биологического действия ГМП и ИГМП мы использовали метод нагрузок. Выявить латентные изменения состояния систем, участвующих в адаптации, их резервные возможности, можно с помощью экстремальных воздействий на организм, создающих максимальное напряжение этих систем. В качестве такой нагрузки мы выбрали АШ. Учитывая значительную роль гистамина, САС и ГНС в патогенезе анафилаксии, мы поставили задачу изучить влияние ГМП и ИГМП на состояние гуморальной регуляции в условиях функциональной нагрузки на модели АШ. Исследования проводились на 6-е, 20-е и 35-е сутки пребывания животных в экранирующих камерах.

Первая из исследованных групп животных, часть из которых были сенсibilизированы, находилась в ИГМП в течение 6 суток. Статистически значимых изменений исследуемых биохимических показателей у этих морских свинок выявлено не было (Рис. 3.7).



**Рис. 3.7. Содержание биологически активных веществ в крови животных после шестисуточного воздействия ИГМП и АШ.**

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы, ХЭ - холинэстераза эритроцитов (в % от контроля), СМ - % смертности от АШ

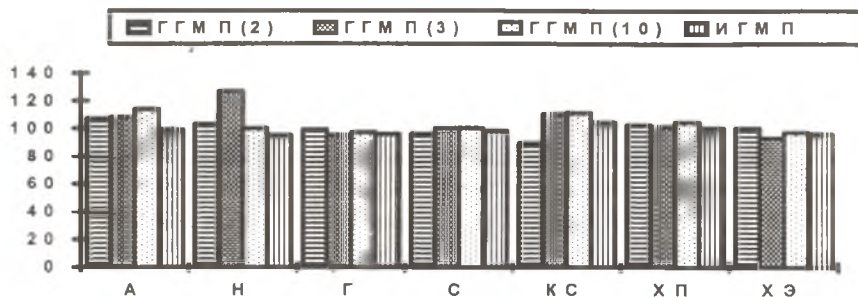
У использованных для сравнения животных, не подвергавшихся воздействию ИГМП, наблюдался тяжелый АШ. Из 11 морских свинок этой группы погибло 10. У них обнаружено значительное увеличение концентрации адреналина, норадреналина и гистамина через 3 минуты после введения разрешающей дозы нормальной лошадиной сыворотки. Уровень серотонина, 11-ОКС и АХЭ в плазме и эритроцитах в указанный период практически не изменялся. Аналогичные биохимические изменения имели место при АШ и у животных, находившихся в ИГМП в течение 6 суток. Степень повышения содержания адреналина, норадреналина и гистамина в крови была у них такой же, как и у морских свинок, оставшихся в неизменном ГМП.

Таким образом, на 6-е сутки изучаемого воздействия не обнаружено каких-либо существенных изменений исследуемых биохимических показателей. Использование АШ в качестве дополнительной нагрузки также не выявило изменений реакции организма.

Затем нами были предприняты исследования развития АШ у животных, находившихся в течение 20 суток в экранирующих камерах, ослаблявших ГМП в 2, 3 и 10 раз, а также в ИГМП. Во всех исследованных группах животных двадцатидневное воздействие ГМП не вызвало статистически значимых изменений исследуемых биохимических показателей в крови (Рис.3.8.а).

При этом следует обратить внимание на то обстоятельство, что указанным группам морских свинок за 3 минуты до забоя вводили нормальную

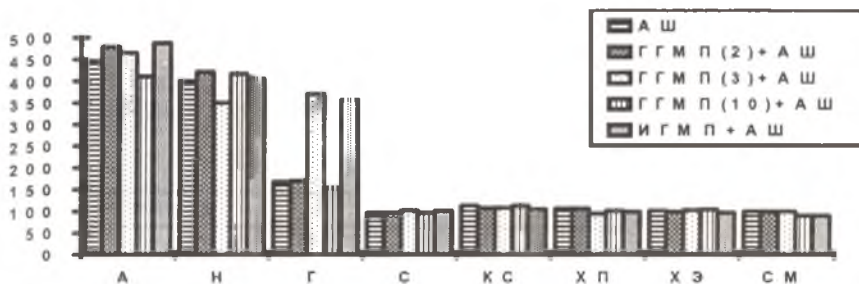
лошадиную сыворотку, так как они служили контролем для сенсibilизированных животных, у которых воспроизводили АШ. Сравнивая данные результаты с теми, что обнаружены у морских свинок, подвергавшихся таким же физическим воздействиям, но без каких-либо инъекций (В.Г.Подковкин, 1994), можно сделать вывод, что введение нормальной лошадиной сыворотки не оказало существенного влияния на величину исследуемых биохимических показателей через 3 минуты после инъекции.



**Рис. 3.8.а. Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после воздействия искаженного и ослабленного в 2, 3 и 10 раз ГМП в течение 20 суток.**

**А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы, ХЭ - холинэстераза эритроцитов (в % от контроля)**

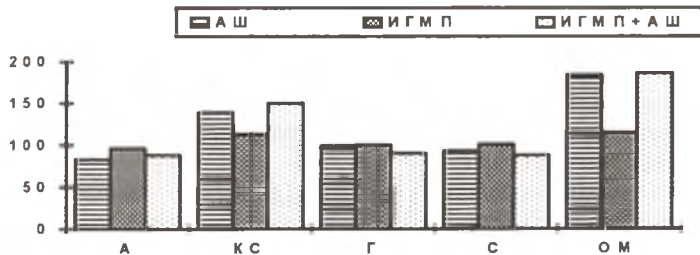
АШ при двадцатисуточном воздействии ГМП протекал так же, как и у животных, не находившихся под влиянием названного физического фактора. В контрольных группах смертельных случаев или какой-либо внешне заметной реакции на введение нормальной лошадиной сыворотки не отмечено (Рис. 3.8.б).



**Рис. 3.8.б. Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после воздействия искаженного и ослабленного в 2, 3 и 10 раз ГМП в течение 20 суток и АШ**

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы, ХЭ - холинэстераза эритроцитов (в % от контроля), СМ - % смертности от АШ

Исследование надпочечников морских свинок, находившихся в камерах с ИГМП, выявило следующие результаты (Рис.3.9).



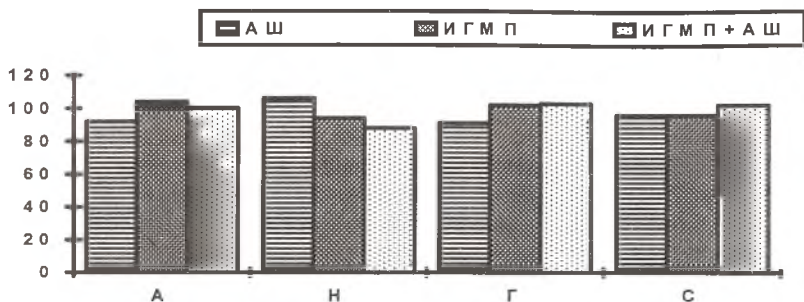
**Рис. 3.9. Содержание биологически активных веществ в надпочечниках морских свинок после двадцатисуточного пребывания в ИГМП и АШ (в % от контроля).**

А - адреналин, КС - кортикостероиды, Г - гистамин, С - серотонин, ОМ - относительная масса надпочечника

Воздействие ИГМП не вызвало изменений относительной массы железы и исследуемых показателей. При АШ наблюдалось увеличение относительной массы надпочечника и содержания в нем 11-ОКС, а также снижение концентрации адреналина. Уровень гистамина и серотонина прак-

тически не изменялся. Влияние ИГМП не привело к изменениям биохимических процессов в надпочечнике при АШ.

В головном мозге морских свинок, в отличие от надпочечника, изменений исследуемых показателей не выявлено как под влиянием ИГМП, так и при его воздействии на фоне АШ (Рис.3.10).



**Рис. 3.10.** Содержание биогенных аминов в головном мозге морских свинок после двадцатисуточного воздействия ИГМП и АШ (в % от контроля).

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин

Таким образом, использование АШ в качестве нагрузки не позволило выявить реакцию организма на воздействие в течение 20 суток ГГМП с коэффициентами экранирования 2, 3 и 10 и ИГМП.

Особый интерес представляет для нас реакция организма на пребывание в ГГМП в течение 35 суток.

Физическое воздействие вызвало уменьшение концентрации гистамина в крови животных (Рис.3.11).

Все остальные изученные нами показатели в этих условиях существенно не изменялись. Если сравнить эти результаты с полученными при исследовании влияния ГГМП без дополнительного введения нормальной лошадиной сыворотки, то можно отметить следующее.



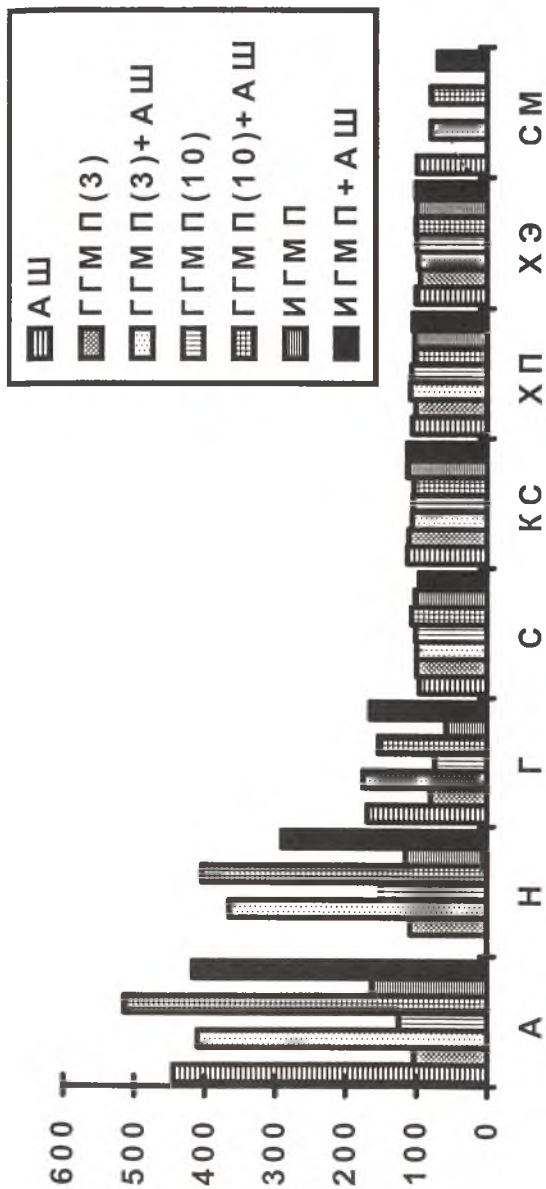


Рис. 3.11. Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после пребывания в искаженном и ослабленном в 3 и 10 раз ГМП в течение 35 суток и АШ (в % от контроля)

А – адреналин, Н – норадреналин, Г – гистамин, ГГ – гистамин, С – серотонин,  
 КС – кортикостероиды, ХП – холинэстераза плазмы,

ХЭ – холинэстераза эритроцитов, СМ – % смертности от АШ

В обоих случаях выявлено снижение уровня гистамина при отсутствии статистически значимых отклонений от нормы количества других биологически активных веществ (Рис.3.4). Следовательно, введение сыворотки не изменило реакцию организма на воздействие ГГМП. АШ в контрольной группе (Рис.3.11) протекал вполне типично. Практически не отличался и характер течения этой реакции у животных, подвергавшихся влиянию ослабленного магнитного поля. У них при отсутствии изменений уровня серотонина, 11-ОКС и АХЭ степень возрастания количества адреналина, норадреналина и гистамина в крови практически не отличалась от наблюдавшегося у морских свинок, остававшихся в условиях естественного магнитного фона. При этом следует отметить, что в опытной группе от АШ погибло 80% животных против 100% в контроле.

При более высоком коэффициенте экранирования ГМП, равном 10 у животных, находившихся в экранирующей камере на протяжении 35 суток, отмечено снижение концентрации гистамина в крови (Рис.3.11), и возрастание уровня норадреналина. АШ у этих морских свинок сопровождался повышением содержания адреналина, норадреналина и гистамина в крови. Обращает на себя внимание более значительное возрастание содержания адреналина по сравнению с наблюдавшимся у животных, не подвергавшихся влиянию ГГМП.

Особый интерес представляет влияние ИГМП на течение АШ у животных (Рис.3.11). В данной группе ИГМП вызвало возрастание концентрации адреналина и снижение содержания гистамина в крови. АШ у этих морских свинок протекал несколько менее интенсивно. При 100% гибели контрольных животных, в опытной группе погибло только 7 морских свинок из 10. Из числа остальных исследуемых показателей отмечено повышение концентрации гистамина при сохранении уровня всех остальных изучаемых веществ в крови животных.

Обнаруженная реакция исследованных систем организма на ГГМП свидетельствует о достаточно высокой биологической активности этого физического фактора окружающей среды. В начальный период воздействия (в течение первого часа) наблюдались кратковременные изменения уровня адреналина, норадреналина, гистамина в крови и головном мозге животных. К третьему часу пребывания в ГГМП наблюдалось дальнейшее развитие этой реакции в виде нормализации названных показателей в крови и продолжения их волнообразных колебаний в головном мозге на фоне увеличения концентрации в крови 11-ОКС. К концу первых суток воздействия отмечены последствия описанной реакции в виде возрастания активности АХЭ в плазме крови морских свинок. На 20-е сутки опыта никаких изменений исследуемых биохимических показателей не наблюдалось. Это можно

характеризовать как кратковременную реакцию на ГМП в течение первых часов воздействия с последующим достижением адаптации к этому физическому фактору окружающей среды, сохраняющейся на протяжении 20 суток наблюдений. Однако в более поздние сроки, на 35-е сутки опыта, обнаружены новые биохимические изменения, свидетельствующие о нарушении состояния систем поддержания гомеостаза.

Имея в своем распоряжении результаты исследований биохимических процессов в головном мозге и надпочечниках морских свинок после воздействия на животных ослабленного и искаженного ГМП на протяжении 35 суток (Рис.3.5, 3.6), можно более глубоко проанализировать состояние систем поддержания гомеостаза в указанных условиях.

Обращают на себя внимание значительные изменения концентрации гистамина в крови, головном мозге и надпочечниках. Вероятно, в этот срок происходят значительные изменения, затрагивающие системы синтеза и инактивации гистамина в целом ряде жизненноважных систем организма. Учитывая роль этого вещества в активизации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, снижение гистамина в головном мозге можно связать с возрастанием 11-ОКС в крови при воздействии на животных искаженного ГМП и менее выраженную тенденцию к аналогичным изменениям под влиянием ослабленного ГМП.

Увеличение содержания 11-ОКС в крови после пребывания в искаженном ГМП не сопровождалось изменениями уровня этого биохимического показателя в надпочечнике, хотя и имело место его незначительное снижение. Описанное наблюдение можно объяснить тем, что процессы синтеза и выделения в кровь стероидных гормонов находятся в равновесии. Это свидетельствует о длительном поддержании данного соотношения, а также об отсутствии ярко выраженной стрессовой реакции в момент исследования. Аналогичный вывод можно сделать из факта повышения содержания адреналина в крови при отсутствии изменений концентрации этого вещества в надпочечнике. Возрастание уровня адреналина в головном мозге морских свинок, находящихся в ИГМП, и снижение содержания норадреналина в крови этих животных свидетельствует об изменении функционального состояния нервной системы под влиянием исследуемого физического фактора среды обитания.

Результаты исследований позволяют также сделать вывод о комплексной реакции ГНС, САС, парасимпатической нервной системы и ряда жизненно важных систем организма на ГМП.

Степень тяжести АШ в опытных и контрольных группах мало различалась между собой. Только при воздействии ИГМП в течение 35 суток происходит некоторое снижение смертности животных. Реакция регулирующих систем, наблюдаемая по время АШ, также практически не отличалась от

наблюдавшейся у контрольных морских свинок за исключением более выраженного повышения концентрации адреналина в крови животных, подвергавшихся влиянию десятикратно ослабленного магнитного фона на протяжении 35 суток. В целом полученные данные не дают оснований для вывода о существенном влиянии ГГМП исследованных параметров на развитие АШ у морских свинок.

Таким образом, при длительном воздействии ГГМП и ИГМП на организм (20 суток) адаптационная реакция переходит в новую фазу, характеризующуюся нормальным уровнем гуморальных факторов в крови.

Воздействие ИГМП в течение 35 суток вызывает более выраженный биологический эффект по сравнению с ГГМП. ИГМП вызывает увеличение количества адреналина и снижение содержания гистамина в головном мозге, активизацию симпато-адреналовой и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой систем, что выражается в повышении концентрации адреналина и 11-ОКС при снижении уровня норадреналина и гистамина в крови. Под влиянием ГГМП в тот же срок наблюдалось только снижение уровня гистамина в головном мозге и крови без значительного включения адренергических систем.

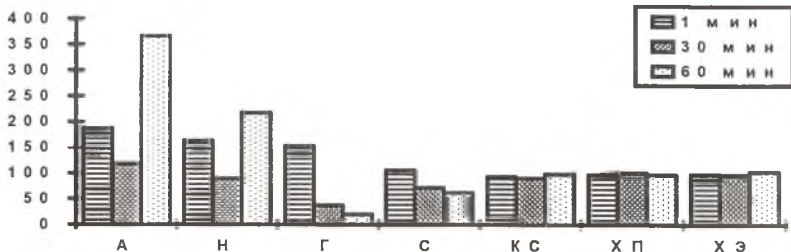
### **3.3. Результаты исследования процессов, происходящих после прекращения воздействия ГГМП**

Задачей эксперимента было изучение динамики изменений состояния гормонально-медиаторной регуляции у животных после прекращения воздействия на них ГГМП и возвращения нормального магнитного фона.

С этой целью животных помещали в двойной стальной цилиндр, имеющий коэффициент экранирования 10. Продолжительность пребывания животных в ГГМП составляла 30 минут и 1 сутки. Забой производили через 1, 30 и 60 минут после извлечения животных из ГГМП.

После получасового пребывания морских свинок в ГГМП концентрация адреналина повышалась вдвое. Отмечена тенденция к возрастанию уровня норадреналина (Рис.3.12).

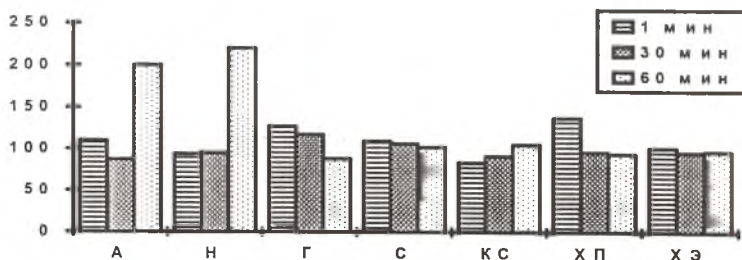
Через 30 минут после прекращения воздействия оба показателя возвращались к норме, а в последующие полчаса происходило новое возрастание концентрации адреналина и норадреналина. Содержание гистамина в крови животных увеличивалось после тридцатиминутного пребывания в ГГМП и значительно снижалось после прекращения воздействия. Уровень серотонина в эти сроки также уменьшался. Изменений концентрации 11-ОКС в наших экспериментах не выявлено. Аналогичный результат получен при исследовании активности АХЭ в плазме и эритроцитах в крови.



**Рис. 3.12.** Изменение концентрации биологически активных веществ в крови морских свинок после прекращения воздействия ГМП продолжительностью 30 минут (в % от контроля).

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы, ХЭ - холинэстераза эритроцитов

Пребывание животных в ГМП в течение суток вызвало иной характер изменений исследуемых показателей (Рис.3.13).



**Рис. 3.13.** Изменение концентрации биологически активных веществ в крови животных после прекращения воздействия ГМП продолжительностью 1 сутки (в % от контроля).

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы, ХЭ - холинэстераза эритроцитов

Так, повышение содержания адреналина и норадреналина в крови обнаружено только через час после прекращения воздействия. В более ранние сроки количество этих веществ в опытной группе не отличалось от контроля. В данном эксперименте не отмечено существенных изменений концентрации гистамина, серотонина и 11-ОКС в крови морских свинок.

Нахождение животных в экранирующей камере в течение суток привело к увеличению активности АХЭ в плазме крови, которое исчезало после

извлечения морских свинок из этого помещения. В эритроцитах изменений активности исследуемого фермента не выявлено.

Описанные результаты можно проанализировать со следующих позиций. Как при помещении морских свинок в гипомагнитную среду, так и при возвращении к нормальной интенсивности ГМП, происходило изменение индукции внешнего магнитного поля. Представляется интересным сравнить реакцию систем поддержания гомеостаза на уменьшение и на увеличение индукции ГМП.

Концентрация адреналина в крови морских свинок после помещения их в ГГМП, как было описано выше (Рис.3.1), повышалось через 30 минут после начала воздействия, а затем постепенно снижалась, возвращаясь к норме через 3 часа после начала эксперимента. В случае возвращения животных к нормальной интенсивности внешнего магнитного поля в момент, когда уровень адреналина был повышен, то есть через 30 минут после их помещения в ГГМП, наблюдалось быстрое, в течение получаса, возвращение величины этого показателя к норме. В дальнейшем же, в последующие 30 минут, происходило новое увеличение количества адреналина. Следовательно, при возвращении индукции внешнего магнитного поля к нормальной величине наблюдалось повышение концентрации адреналина в крови морских свинок, то есть такая реакция, как и при помещении животных в ГГМП. Однако в описанном случае латентный период этой реакции был длительнее - один час.

После суточного пребывания в гипомагнитной среде уровень адреналина в крови морских свинок не отличался от контроля. Через 30 минут величина этого показателя не изменялась. По прошествии часа после прекращения действия ГГМП его концентрация значительно увеличилась. Следовательно, реакция на возвращение к нормальной интенсивности ГМП была сходной между собой в группах, находившихся в гипомагнитной среде в течение 30 минут и 1 суток. В обоих случаях отмечено возрастание концентрации адреналина через час после прекращения действия ГГМП независимо от того, совпало ли начало реакции с повышенным содержанием адреналина в крови или нет.

Таким образом, сходство реакции организма животных на снижение индукции ГМП и на её повышение до нормы заключается в том, что в обоих случаях изменения магнитной среды наблюдалось повышение уровня адреналина в крови. Различие же выражалось в неодинаковом латентном периоде описанных изменений.

Количество норадреналина в крови морских свинок менялось сходным образом. Возрастание исследуемого показателя отмечено через час после извлечения животных из экранирующей камеры как в случае тридцатиминутного, так и суточного пребывания в ГГМП. Таким образом, изменения

содержания норадреналина подчинялись тем же закономерностям, что и колебания адреналина в крови морских свинок.

В отличие от катехоламинов, концентрация гистамина в крови животных обнаружила совершенно иную реакцию на изменения внешнего магнитного поля. В случае длительного нахождения морских свинок в ГГМП уровень гистамина повышался в первые полчаса воздействия, затем возвращался к норме, обнаруживая тенденцию к снижению к третьему часу опыта. Однако при извлечении животных из экранирующих камер наблюдалось значительное уменьшение концентрации этого вещества. Описанные данные демонстрируют различие изменений исследуемых показателей в реакции на снижение и на повышение индукции ГМП. Можно предположить, что частые и разнонаправленные колебания интенсивности магнитного поля вызывают усиление процессов инактивации гистамина.

Отличались между собой и изменения содержания этого вещества при извлечении животных из ГГМП в зависимости от срока пребывания в экранирующей камере. В случае предварительного воздействия на протяжении суток количество гистамина в крови животных не отличалось от контроля. Можно при этом отметить, что через час после увеличения индукции ГМП до нормы уровень исследуемого биохимического показателя был значительно ниже, чем в начальный момент. Однако отличие обеих величин от контроля было статистически незначимым. Следовательно, реакция на описываемые изменения ГМП была сходной с тем, что отмечена после получасового пребывания в опытной камере, но менее выраженной. Возможно, это связано с тем, при какой величине концентрации гистамина в крови происходит прекращение геомагнитного воздействия, от чего может зависеть активность систем инактивации гистамина.

Следует обратить внимание на характер изменений уровня серотонина в крови. Если при длительном пребывании животных в ГГМП содержание серотонина в крови практически не изменялось, то при прекращении названного воздействия через полчаса после начала эксперимента концентрация этого вещества снижалась, начиная с тридцатиминутного срока. Подобного явления не наблюдалось в группе морских свинок, находившихся в гипомагнитной среде на протяжении 1 суток. Таким образом, изменения уровня серотонина и гистамина в крови сходны между собой и начинаются в более ранние сроки, чем колебания количества катехоламинов.

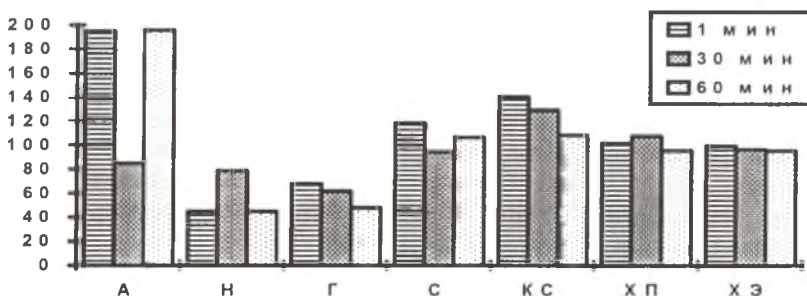
Изменения концентрации 11-ОКС в плазме животных, находившихся в ГГМП, носили медленный характер (Рис.3.1). Существенное повышение этого показателя отмечено только через 3 часа воздействия. Прекращение влияния ГГМП после суточного пребывания морских свинок в гипомагнитной среде также вызвало увеличение уровня кортикостероидов в течение 1 часа по сравнению с их количеством в момент извлечения животных из

экранирующей камеры. Подобного эффекта мы не отметили при получасовом воздействии ГГМП, хотя, возможно, это объясняется недостаточным сроком наблюдений.

Таким образом, произведенные исследования позволили выявить процессы реадaptации при возвращении морских свинок к нормальной интенсивности ГМП после пребывания в гипомагнитной среде. Эта реакция имеет как черты сходства, так и специфические отличия от явлений, наблюдаемых при помешении животных в ГГМП.

Анализируя реакцию организма на длительное пребывание в экранирующих камерах, нами было ранее отмечено, что наиболее выраженные изменения в гормонально-медиаторных системах поддержания гомеостаза наблюдались после тридцатипятисуточного пребывания животных в ИГМП. Поэтому мы поставили задачей следующего эксперимента подробное изучение реадaptации после указанного воздействия.

На 35-е сутки нахождения в ИГМП концентрация адреналина в крови морских свинок была повышена (Рис.3.14).



**Рис. 3.14. Изменение концентрации биологически активных веществ в крови животных после прекращения воздействия ИГМП продолжительностью 35 суток (в % от контроля).**

**А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы, ХЭ - холинэстераза эритроцитов**

Через полчаса после извлечения животных из экранирующей камеры уровень этого биологически активного вещества снизился до нормы. По прошествии следующих 30 минут исследуемый показатель снова возрос.

Сравнивая представленные данные с ранее полученными результатами, можно отметить, что аналогичные явления наблюдались также и после прекращения воздействия ГГМП длительностью 30 минут и 1 сутки (Рис.3.12, 3.13).



Содержание норадреналина в крови морских свинок, находившихся в экранирующей камере в течение 35 суток, было ниже, чем в контрольной группе. Через 30 минут после извлечения животных этот показатель вернулся к норме, а через час снова снизился. Здесь мы видим отличие от предыдущих серий, так как при меньших сроках воздействия ГГМП наблюдалось повышение норадреналина через час после прекращения влияния гипомагнитной среды.

Количество гистамина в крови морских свинок в начальный момент данного наблюдения было снижено. В последующий период этот показатель продолжал уменьшаться.

При сравнении с аналогичными наблюдениями при меньших сроках пребывания животных в экранирующих камерах отметим следующее. Во всех аналогичных группах наблюдалось падение концентрации гистамина в крови морских свинок на протяжении часа после прекращения действия ГГМП по сравнению с начальным моментом наблюдений. Этот результат не зависел от того, высоким или низким было содержание этого биологически активного вещества в момент извлечения животных из экспериментальных камер.

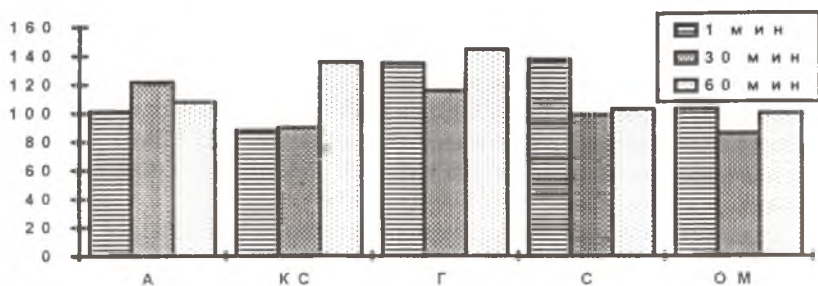
Содержание серотонина в крови морских свинок в рассматриваемый период не изменялось.

Концентрация 11-ОКС в плазме была повышена на 35-е сутки пребывания животных в ИГМП. После прекращения воздействия названный биохимический показатель постепенно снижался и через час уже достоверно не отличался от контроля. Данный результат отличен от того, что наблюдался при меньших сроках влияния гипомагнитной среды.

Активность АХЭ как в плазме, так и в эритроцитах крови морских свинок в данном эксперименте практически не изменялась. Сравняя представленные наблюдения с ранее полученными результатами, можно сделать вывод о меньшей роли ацетилхолина и процессов его инактивации в реакции организма на ГГМП по сравнению с адренергическими механизмами.

Относительная масса надпочечников в наших опытах не изменялась (Рис.3.15).

Этот факт можно рассматривать как отсутствие ярко выраженной стрессовой реакции. Изменений концентрации адреналина в надпочечниках в описываемый период не отмечено.

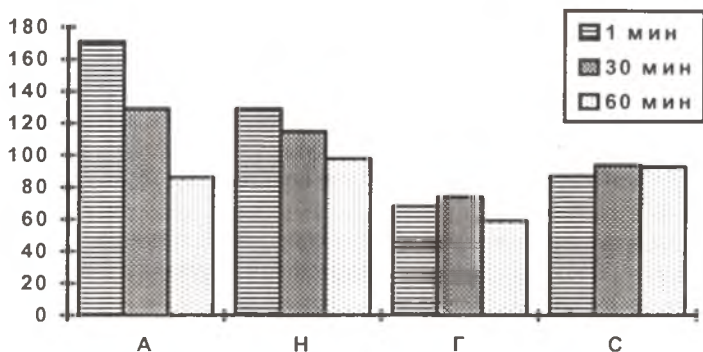


**Рис. 3.15.** Изменение концентрации биологически активных веществ в надпочечниках животных после прекращения воздействия ИГМП продолжительностью 35 суток (в % от контроля).  
 А - адреналин, КС - кортикостероиды, Г - гистамин, С - серотонин, ОМ - относительная масса надпочечника

Иной характер имела зависимость количества 11-ОКС в этом органе от времени, прошедшего с момента извлечения животных из экранирующей камеры. На 35-е сутки нахождения морских свинок в ИГМП величина этого биохимического показателя практически не отличалась от уровня контроля. Однако после прекращения экспериментального воздействия происходило нарастание содержания исследуемого вещества в надпочечнике. Если сравнить эти результаты с динамикой концентрации 11-ОКС в крови в тот же период (Рис. 3.14), то можно предположить, что снижение изучаемой величины в плазме, возможно, обусловлено прекращением выделения кортикостероидов в кровь при сохранении на некоторое время прежней скорости синтеза гормонов. Причиной этого может быть то, что процессы синтеза вследствие глубокой перестройки метаболизма надпочечника в течение длительного периода пребывания животных в ИГМП еще продолжали сохраняться на прежнем уровне.

Концентрация гистамина в надпочечнике морских свинок испытывала волнообразные колебания на протяжении срока наших наблюдений. Указанная величина была выше нормы в начальный период наблюдения, то есть на 35-е сутки пребывания животных в ИГМП. Через 30 минут после извлечения морских свинок из экранирующей камеры содержание этого биологически активного вещества вернулось к норме, а по прошествии следующего получаса имело место новое возрастание количества биогенного амина. Содержание серотонина в надпочечниках в нашем опыте оставалось неизменным.

В головном мозге морских свинок после прекращения тридцатипятисуточного воздействия на организм ИГМП концентрация адреналина в начальный срок исследований была повышена (Рис.3.16).



**Рис. 3.16. Изменение концентрации биогенных аминов в головном мозге животных после прекращения воздействия ИГМП продолжительностью 35 суток (в % от контроля)**

**А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин**

После извлечения животных из камер изучаемый показатель возвратился к норме. В качестве причины этого можно предположить быстрое расщепление норадреналина вследствие усиления активности нервной системы в ответ на изменение интенсивности внешнего магнитного поля, что могло привести к снижению синтеза адреналина. Количество норадреналина в головном мозге морских свинок в данный период не отличалось от контроля.

Изменение концентрации гистамина в наших опытах было фазным. После нахождения животных в экранирующей камере содержание этого биогенного амина в мозге было снижено. Затем изучаемый биохимический показатель несколько возрастал, а через час после начала наблюдений снова уменьшался. Учитывая роль содержащегося в головном мозге гистамина в активизации ГНС отметим совпадение по времени снижения уровня мозгового гистамина в первую минуту эксперимента с повышением концентрации 11-ОКС в крови в этот момент. Через час новое снижение количества биогенного амина совпало по времени с увеличением концентрации кортикостероидов в надпочечнике.

Таким образом, реакции на воздействие ГГМП и на прекращение воздействия, то есть на возвращение к нормальной интенсивности ГПМ, имеют как черты сходства, так и существенные различия.

Адаптация к нормальному уровню ГМП характеризуется активизацией симпато-адреналовой системы, выражающейся в увеличении уровня адреналина и норадреналина в крови, но с большим латентным периодом, чем при помещении в ГГМП. На указанный эффект не влияет исходный уровень катехоламинов. В то же время реакция освобождения гистамина и серотонина зависит от исходной фазы адаптации. После получасового пребывания в ГГМП уровень гистамина и серотонина в крови снижается на протяжении часа с момента прекращения воздействия. При суточном пребывании в ГГМП реакции указанных систем не наблюдалось.

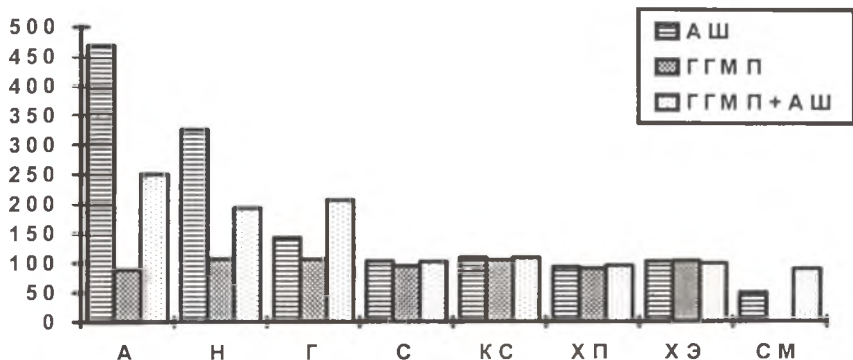
#### 3.4. Многократное воздействие ГГМП

Задачей эксперимента было изучение многократного периодического воздействия ГГМП на процессы гуморальной регуляции у морских свинок в условиях нагрузки АШ.

Животных сенсibilизировали внутрибрюшинным введением 0,1 мл разведенной 1:100 нормальной лошадиной сыворотки. Затем группу морских свинок, часть из которых были сенсibilизированы, ежедневно на 3 часа помещали в стальную камеру, ослабляющую индукцию ГМП в 10 раз. Всего было проведено 11 сеансов в течение 15 дней. На 21 сутки с момента начала эксперимента всем животным вводили внутривенно 1 мл той же разведенной сыворотки. При этом у сенсibilизированных морских свинок воспроизводился анафилактический шок, несенсibilизированные служили для сравнения. Контролем являлись также животные, не подвергавшиеся воздействию ГГМП, которым вводили разрешающую дозу. Через 3 минуты после разрешающей инъекции морских свинок забивали путем декапитации.

Воздействие ГГМП по описанной методике не вызвало существенных изменений исследуемых показателей в крови (Рис.3.17).

У сенсibilизированных животных, не подвергавшихся воздействию ГГМП, наблюдался АШ, сопровождавшийся гибелью 50% морских свинок. Такой уровень смертности характерен для использованной в данной серии опытов более низкой дозы нормальной лошадиной сыворотки. Содержание адреналина, норадреналина и гистамина у них в крови значительно возросло. Уровень остальных исследованных показателей не изменялся.



**Рис. 3.17. Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после многократного воздействия ГГМП и АШ (в % от контроля).**

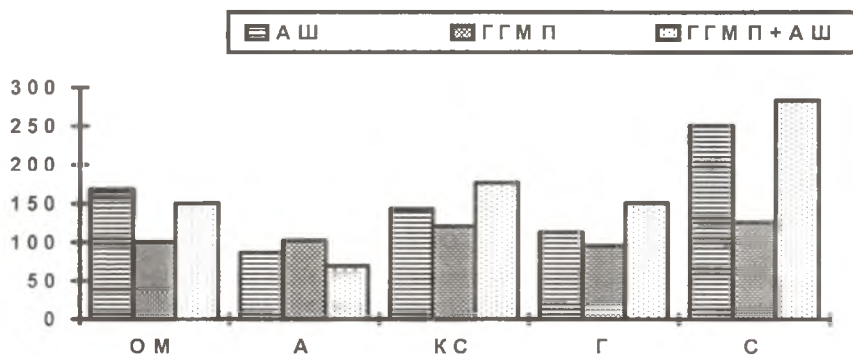
**А** - адреналин, **Н** - норадреналин, **Г** - гистамин, **С** - серотонин, **КС** - кортикостероиды, **ХП** - холинэстераза плазмы, **ХЭ** - холинэстераза эритроцитов, **СМ** - % смертности от АШ

Особый интерес представляют результаты, полученные при воспроизведении АШ у животных, подвергавшихся многократному периодическому воздействию ГГМП. Периодическое помещение животных в экспериментальную камеру вызвало усиление тяжести АШ, в результате которого обнаружена гибель 90% морских свинок. При этом содержание адреналина и норадреналина в крови также повышалось. Однако уровень этих веществ был значительно ниже, чем у животных, не подвергавшихся воздействию ГГМП, хотя обычно концентрация адреналина и норадреналина, согласно полученным в наших исследованиях данным бывает тем выше, чем тяжелее АШ. Концентрация гистамина в крови этих морских свинок, наоборот, была выше, чем при АШ без предварительного воздействия.

Нами были описаны результаты исследований, показывающие, что постоянное пребывание морских свинок в ГГМП в течение 20 суток не вызвало изменений тяжести АШ и сопровождающей его реакции систем гуморальной регуляции. Сравнение этих данных позволяет сделать вывод о большей биологической активности периодического воздействия по сравнению с постоянным и длительным.

В целях более глубокого изучения механизма влияния многократного периодического воздействия ГГМП на организм были исследованы биохимические процессы в надпочечнике и головном мозге во время АШ.

Воздействие ГГМП не вызвало статистически значимых изменений относительной массы надпочечника и концентрации в его тканях исследуемых биологически активных веществ (Рис.3.18).



**Рис. 3.18.** Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после многократного воздействия ГГМП и АШ (в % от контроля).

ОМ - относительная масса надпочечника, А - адреналин, КС - кортикостероиды, Г - гистамин, С - серотонин

При АШ отмечено увеличение относительной массы железа. Биохимические исследования позволили выявить повышение уровня серотонина и 11-ОКС.

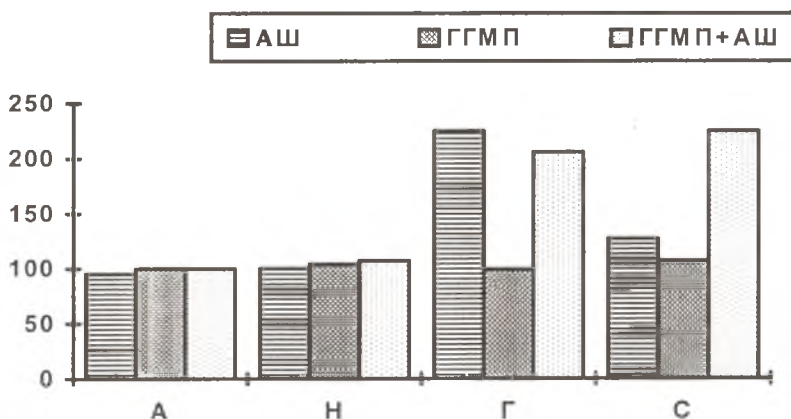
При исследовании АШ у животных, подвергавшихся предварительному воздействию ГГМП, относительная масса надпочечника была увеличена в такой же степени, как и у морских свинок, не подвергавшихся влиянию экранирования. Выявлены изменения всех исследованных показателей. Количество адреналина в ткани железы было ниже контрольного уровня, а содержание 11-ОКС, гистамина и серотонина оказалось повышенным.

Следовательно, под влиянием ГГМП наблюдалось более выраженное нарастание концентрации 11-ОКС, чем при АШ без предварительного воздействия, а также снижение содержания адреналина и увеличение гистамина, не отмеченное в вышеуказанной серии. Описанные результаты позволяют сделать вывод об изменении протекания АШ у морских свинок под влиянием ГГМП. При этом одновременное снижение концентрации адреналина в надпочечнике и меньшая степень возрастания этого показателя в крови позволяют предположить угнетение процессов синтеза этого биологически активного вещества под влиянием изучаемого физического фактора, что свидетельствует о снижении адаптационных возможностей организма под

влиянием периодических изменений интенсивности внешнего магнитного поля. Значительное увеличение концентрации 11-ОКС в надпочечнике при отсутствии изменений этого показателя в крови свидетельствует о нарушении быстроты выделения гормонов в кровь, что также могло играть роль в повышении тяжести анафилактического шока.

В головном мозге ГТМП не вызвало биохимических изменений (Рис.3.19).

АШ привел к увеличению концентрации гистамина. При воспроизведении АШ у животных, подвергавшихся влиянию экранирования, обнаружено такое же возрастание концентрации гистамина. Кроме этого в данной группе морских свинок наблюдалось значительное увеличение содержания серотонина в головном мозге.



**Рис. 3.19. Содержание биогенных аминов в головном мозге морских свинок после многократного воздействия ГТМП и АШ (в % от контроля). А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин**

Обобщая приведенные результаты, необходимо отметить высокую биологическую активность многократного периодического воздействия ГТМП, вызвавшего изменения тяжести анафилактического шока и сопровождающих его биохимических процессов в крови, головном мозге и надпочечниках.

Учитывая отсутствие изменений исследуемых показателей у животных, подвергавшихся воздействию ГТМП, следует отметить, что использование АШ в качестве нагрузки на иммунную и нейроэндокринную системы позволило выявить скрытые изменения состояния регулирующих систем орга-

низма, обеспечивающих поддержание гомеостаза в экстремальных условиях, вызванных воздействием ГГМП и не проявлявшиеся без дополнительной нагрузки.

Таким образом, многократное периодическое воздействие ослабленного в 10 раз ГМП вызывает активизацию процессов освобождения гистамина и угнетение резервных возможностей симпато-адреналовой системы, выражающееся в уменьшении выделения в кровь адреналина и норадреналина в условиях нагрузки в виде анафилактического шока.



## ГЛАВА IV. Особенности гуморальной регуляции в условиях воздействия ПМП

В соответствии с поставленной задачей были проведены исследования влияния ПМП на состояние гормонально-медиаторной регуляции в условиях нагрузки в виде АШ. Для этого проведено 6 серий экспериментов.

1. *Контроль 1.* Интактные животные, которым вводили нормальную лошадиную сыворотку за 3 минуты до забоя.

2. *Контроль 2.* Сенсibilизированные животные, получившие разрешающую дозу сыворотки за 3 минуты до забоя, у которых воспроизводился АШ.

3. Животные, подвергнутые воздействию ПМП, которым вводили сыворотку перед забоем.

4. Сенсibilизированные животные, подвергнутые воздействию ПМП, получившие разрешающую дозу сыворотки, у которых воспроизводился АШ. В качестве дополнительного контроля в некоторых экспериментах использовали еще 2 серии.

5. Интактные животные (без введения сыворотки и воздействия ПМП).

6. Животные, подвергнутые воздействию ПМП (без введения сыворотки).

Дополнительные контрольные серии 5 и 6 не обнаружили отличий от 1 и 2 серий соответственно (В.Г.Подковкин, 1994).

После однократного 30-минутного воздействия ПМП с индукцией 4,5 и 45 мТл животных забивали через 1, 6 и 20 суток.

### 4.1. Однократное воздействие ПМП

Через 1 сутки после получасового воздействия ПМП с индукцией 4,5 мТл уровень исследуемых нами биологически активных веществ в крови морских свинок не изменялся (Рис.4.1).

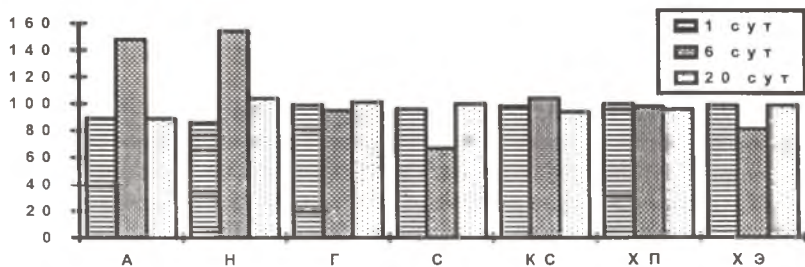


Рис. 4.1. Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после однократного воздействия ПМП с индукцией 4,5 мТл (в % от контроля).

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы, ХЭ - холинэстераза эритроцитов

Совершенно иная реакция отмечена в условиях нагрузки в виде АШ у животных, подвергавшихся за сутки до этого воздействию ПМП. У них также происходило возрастание концентрации адреналина, норадреналина и гистамина (Рис. 4.2).

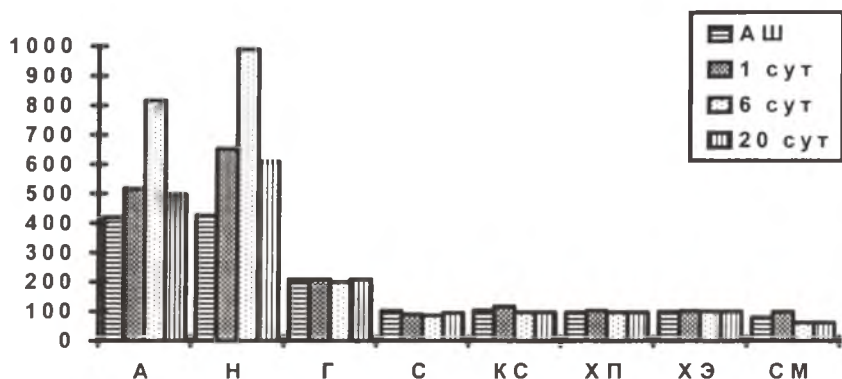


Рис. 4.2. Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после однократного воздействия ПМП с индукцией 4,5 мТл и АШ (в % от контроля).

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы, ХЭ - холинэстераза эритроцитов, СМ - смертность от АШ

При этом увеличение содержания адреналина и норадреналина в крови было значительно большим, чем в группе без предварительного влияния ПМП (контроль 2). Кроме этого у данных морских свинок наблюдалось повышение уровня серотонина и 11-ОКС в крови. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что воздействие ПМП привело к активизации резервных возможностей регулирующих систем организма, что проявилось в ином характере реакции животных на АШ.

На 6 сутки после воздействия ПМП у морских свинок обнаружено увеличение содержания адреналина и норадреналина в крови, а также снижение концентрации серотонина и активности АХЭ эритроцитов. При воспроизведении АШ у животных после действия ПМП выявлено значительное повышение уровня адреналина и норадреналина в крови. Степень возрастания этих показателей значительно превышала как величину, наблюдавшуюся во время АШ без предварительного воздействия, так и повышение под влияни-

ем ПМП. Это позволяет сделать вывод о значительной активизации реакции симпато-адреналовой системы в условиях АШ под действием ПМП.

Содержание гистамина в крови этих морских свинок было повышено, а концентрация серотонина снижена в меньшей степени, чем при воздействии ПМП без АШ. Описанные результаты позволяют констатировать изменение показателей состояния систем гуморальной регуляции, сопровождающих АШ, под влиянием ПМП.

Через 20 суток после однократного действия ПМП с индукцией 4,5 мТл в наших опытах наблюдалось снижение содержания адреналина в крови морских свинок. При воспроизведении АШ у этих животных отмечено возрастание содержания адреналина, норадреналина и гистамина в крови животных. Следует обратить внимание на большую степень повышения концентрации норадреналина при АШ на фоне магнитного воздействия.

Учитывая полученные результаты было решено увеличить интенсивность воздействия. Через сутки после пребывания морских свинок в ПМП с индукцией 45 мТл у них наблюдалось снижение концентрации адреналина и норадреналина в крови и одновременное возрастание уровня гистамина (Рис.4.3).

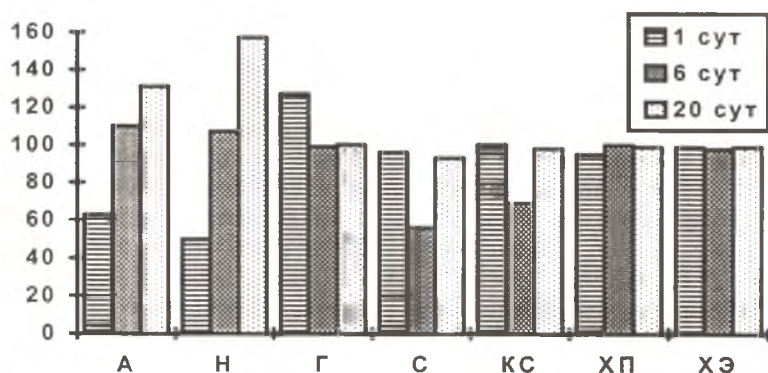
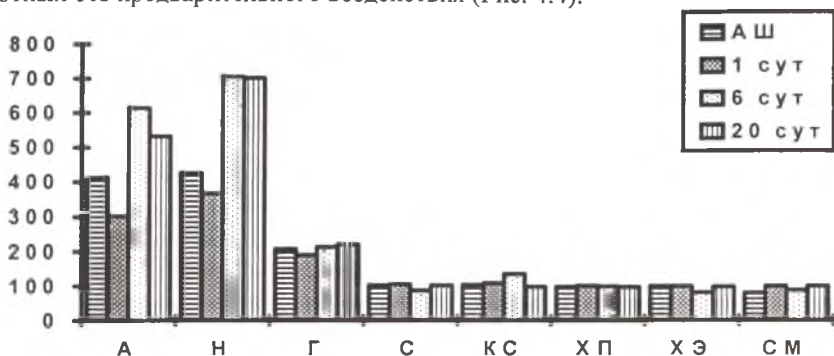


Рис. 4.3. Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после однократного воздействия ПМП с индукцией 45 мТл (в % от контроля).

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин,  
КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы,  
ХЭ - холинэстераза эритроцитов

При воспроизведении АШ у животных, подвергнутых влиянию ПМП, наблюдалась их 100% гибель. Уровень биологически активных веществ в

крови у этих морских свинок мало отличался от наблюдавшегося в группе животных без предварительного воздействия (Рис. 4.4).



**Рис. 4.4. Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после однократного воздействия ПМП с индукцией 45 мТл и АШ (в % от контроля).**

**А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы, ХЭ - холинэстераза эритроцитов, СМ - смертность от АШ**

У них также происходило повышение концентрации адреналина, норадреналина и гистамина. При этом следует обратить внимание на меньшую степень возрастания количества адреналина в крови морских свинок, предварительно помешавшихся в ПМП. Возможно, это объясняется снижением исходного уровня адреналина у животных, то есть более низким содержанием этого биогенного амина после сеанса ПМП без воспроизведения АШ.

Следует обратить внимание также на тот факт, что разность значений концентрации гистамина у сенсibilизированных и несенсibilизированных морских свинок, подвергавшихся воздействию ПМП, после разрешающей дозы сыворотки значительно меньше, чем та же величина у животных, не получивших магнитного сеанса. Следовательно, ПМП снижало биохимические проявления АШ, вызывая одновременно тенденцию к некоторому усилению его тяжести. В качестве объяснения этого факта можно предположить повышение чувствительности соответствующих рецепторов к гистамину.

Через 6 суток после воздействия ПМП у морских свинок наблюдалось снижение концентрации серотонина и 11-ОКС в крови. Одновременно уровень адреналина, норадреналина, гистамина и АХЭ в плазме и эритроцитах оставался в пределах нормы.

Весьма значительные изменения состояния систем гуморальной регуляции наблюдались у этих животных в период развития АШ. Обнаружено увеличение содержания адреналина, норадреналина, гистамина и 11-ОКС в крови при одновременном уменьшении концентрации серотонина крови и АХЭ эритроцитов. При этом степень возрастания уровня адреналина и норадреналина значительно превышала отмеченную в группе животных без предварительного магнитного воздействия.

На 20 день после воздействия магнитного поля в крови морских свинок обнаружено повышение концентрации адреналина и норадреналина.

При АШ, воспроизведенном после сеанса ПМП, наблюдался подъем концентрации адреналина, норадреналина и гистамина. При этом содержание адреналина и норадреналина в крови животных было значительно выше, чем в группе морских свинок, не подвергавшихся предварительному действию магнитного поля. Уровень других биологически активных веществ оставался в пределах нормы.

Описанная динамика исследованных процессов позволяет отметить высокую биологическую активность ПМП. Изменение исследованных показателей имеет фазный, волнообразный характер, что может свидетельствовать о последовательном вовлечении нескольких регулирующих систем организма САС, ГГНС, холинергической, гистаминергической) на разных этапах развития ответной реакции организма на действие ПМП.

Последствия однократного воздействия магнитного поля сохраняются на срок не менее 20 суток и полученные результаты наблюдений не дают оснований для заключения об ослаблении реакции, а скорее о ее переходе в новую фазу.

Концентрация адреналина и норадреналина во время АШ в первые сутки после магнитного сеанса была ниже, а в 6-й и 20-й дни эксперимента - значительно выше, чем в группе морских свинок, у которых воспроизводили АШ без предварительного воздействия. Это свидетельствует об изменении под влиянием изучаемого физического фактора состояния САС, реактивность которой снижалась в начальные сроки эксперимента и возростала в более поздний период.

Наиболее выраженные изменения состояния ГГНС имели место на 6 сутки после действия ПМП, о чём свидетельствует снижение уровня 11-ОКС в крови в этот период и резкое повышение данного показателя в течение трех минут развития анафилактической реакции. Изменение уровня серотонина и АХЭ эритроцитов в тот же срок доказывает более активное включение регулирующих систем организма в ответ на стрессовую реакцию в виде АШ.

Сравнение биологических эффектов влияния на организм однократного воздействия ПМП с индукцией 4,5 и 45 мТл позволяет выявить в качестве общих черт наибольший биологический эффект, наблюдаемый на 6-е сутки после воздействия, а также усиление реакции САС в период развития АШ.

## 4.2. Многократное воздействие ПМП

В наших экспериментах ПМП не вызвало существенных изменений концентрации исследуемых биологически активных веществ в крови морских свинок (Рис. 4.5).

Только через 11 суток после прекращения воздействия отмечено снижение уровня гистамина.

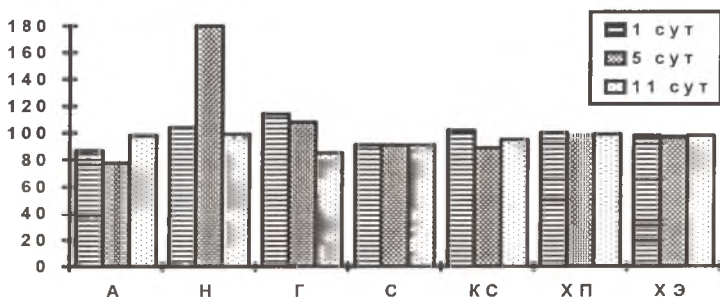
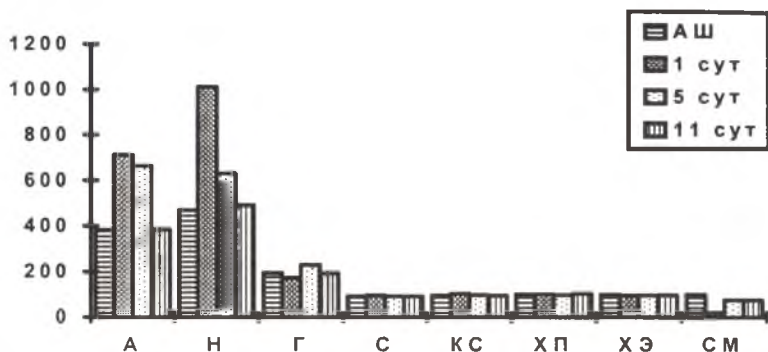


Рис. 4.5. Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после многократного воздействия ПМП с индукцией 45 мТл (в % от контроля).

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы, ХЭ - холинэстераза эритроцитов

У морских свинок, не подвергавшихся воздействию ПМП, наблюдался тяжелый АШ, приводивший к гибели в течение 3 минут. При этом отмечено увеличение содержания гистамина, адреналина и норадреналина в крови. Остальные исследуемые показатели в этих условиях существенно не изменялись (Рис. 4.6).

После многократного воздействия ПМП характер течения АШ у морских свинок значительно менялся. Через сутки после последнего сеанса выявлено значительное угнетение анафилактической реакции. Из 10 животных от шока погибли только 2. Через 5 и 11 суток наблюдаемый эффект был уже менее выражен.



**Рис. 4.6.** Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после многократного воздействия ПМП с индукцией 45 мТл и АШ (в % от контроля).

**А** - адреналин, **Н** - норадреналин, **Г** - гистамин, **С** - серотонин, **КС** - кортикостероиды, **ХП** - холинэстераза плазмы, **ХЭ** - холинэстераза эритроцитов, **СМ** - смертность от АШ

Изменения уровня биогенных аминов во время АШ, наблюдавшиеся у животных, подвергшихся влиянию ПМП, были сходны с теми, что отмечены при отсутствии физического воздействия. Однако в различные сроки наблюдений степень их выраженности отличалась между собой. Через сутки после прекращения действия ПМП увеличение концентрации адреналина и норадреналина в крови животных во время АШ было значительно больше, чем у морских свинок, не подвергавшихся влиянию этого физического фактора. На 5-е сутки исследований отмечено более выраженное возрастание концентрации адреналина и гистамина в опытной группе. Биохимические процессы, наблюдавшиеся во время анафилаксии на II сутки эксперимента, не отличались от тех, что отмечены при отсутствии магнитного воздействия.

Вышеизложенное позволяет сделать заключение об активизации САС при многократном воздействии ПМП, характеризующейся отсутствием выраженных изменений уровня катехоламинов в крови, но выявляющейся при дополнительной нагрузке в виде АШ.

Таким образом, однократное воздействие ПМП (4,5 и 45 мТл) в течение 30 минут вызвало фазные изменения состояния симпато-адреналовой, гипофизарно-надпочечниковой систем, серотонинергической и холинергической систем, продолжающиеся в течение 20 суток после воздействия, наиболее выраженные через 6 суток, выражающиеся в волнообразных изменениях уровня адреналина, норадреналина, серотонина, АХЭ, 11-ОКС и увеличении резервных возможностей симпато-адреналовой, гипофизарно-

надпочечниковой и серотонинергической систем в условиях нагрузки в виде анафилактического шока.

Множественное воздействие ПМП (45 мТл) вызывает увеличение резервных возможностей симпат-адреналовой системы, выражающееся в увеличении выделения в кровь адреналина и норадреналина в условиях нагрузки в виде анафилактического шока, сопровождающееся угнетением шоковой реакции.

### *Морфофункциональное состояние коры надпочечников*

Эксперимент проведен на беспородных крысах - самцах массой 180-200 г в осенне-зимний период. Животных подвергали тотальному воздействию ПМП горизонтальной направленности в устройстве собственной конструкции.

Изучали воздействие на морфофункциональное состояние коры надпочечников предельно допустимого уровня ПМП (10 мТл) с экспозицией 4 часа в течение 90-суточного эксперимента. Забор материала проводился на 30, 60 и 90 сутки воздействия, а также через 30, 60, 90 суток после его окончания. Облучаемые животные размещались в пластмассовом контейнере специальной конструкции, а контрольная группа животных в аналогичном контейнере, но на удалении от источника ПМП, исключающем его воздействие.

В хроническом эксперименте общей продолжительностью 180 суток были обнаружены изменения морфофункционального состояния коры надпочечников в ответ на воздействие ПМП предельно допустимого уровня (величина магнитной индукции - 10 мТл, экспозиция - 4 часа).

### *Морфометрическая и морфологическая характеристика коры надпочечников*

Морфометрические исследования ширины коры надпочечников позволили оценить степень функциональной активности этого органа. На 30-е сутки эксперимента нами отмечено статистически значимое увеличение изучаемого показателя до  $791,24 \pm 7,17$  мкм (контроль -  $764,97 \pm 6,42$  мкм) (Рис. 4.7).

К 60 суткам воздействия ПМП наблюдалось максимальное увеличение ширины коры надпочечников ( $854,59 \pm 6,75$  мкм), а в дальнейшем при продолжающемся воздействии ПМП, на 90 сутки исследования, изучаемый показатель снизился до  $839,87 \pm 6,05$  мкм.

Морфологически в препаратах этого периода выявлялись расширение капилляров между эпителиоцитами и явления тканевого отека.



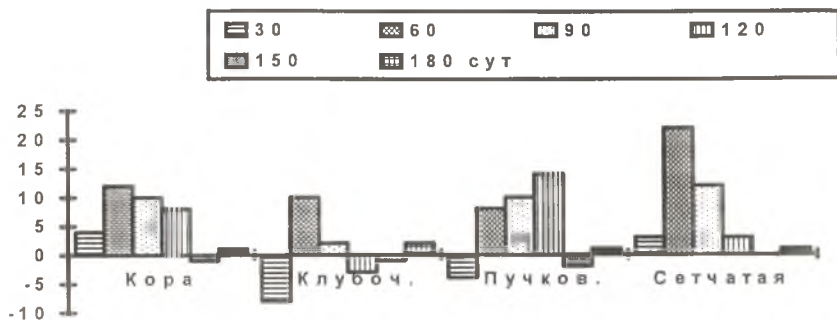


Рис. 4.7. Изменения ширины коры надпочечника, клубочковой, пучковой и сетчатой зон при хроническом воздействии ПМП (10 мТл, 4 часа ежедневно; в % от контроля)

После отмены воздействия фактора, на 120-е сутки исследования, ширина коры надпочечников достоверно была увеличена ( $826,49 \pm 7,86$  мкм), что свидетельствовало о выраженной гипертрофии коркового вещества органа. На 150-е, 180-е сутки эксперимента изучаемый показатель не отличался от нормы и составил  $754,81 \pm 6,25$  мкм и  $771,12 \pm 6,37$  мкм соответственно.

Нами отмечено, что каждая зона коры надпочечников реагировала на воздействие ПМП предельно допустимого уровня по-разному.

Ширина клубочковой зоны на 30-е сутки воздействия ПМП уменьшилась и составила  $108,54 \pm 1,87$  мкм (контроль -  $117,17 \pm 1,04$  мкм) (Рис. 4.7). На 60-е сутки воздействия фактора было отмечено увеличение изучаемого показателя до  $129,21 \pm 1,76$  мкм. После прекращения воздействия ПМП, на 120-е сутки эксперимента, изучаемый показатель не отличался от контроля и в дальнейшем до конца исследования его величина колебалась в пределах доверительных границ нормы.

Изменения ширины пучковой зоны коры надпочечников были более выражены по сравнению с клубочковой зоной. При воздействии нормированного ПМП после незначительного уменьшения, на 30-е сутки исследования, до  $374,19 \pm 7,14$  мкм (контроль  $388,49 \pm 8,39$  мкм), отмечено увеличение ширины этой зоны, которое не прекращалось и в период последствия. На 120-е сутки исследования (30-е сутки последствия) нами отмечено максимальное увеличение изучаемого показателя ( $444,73 \pm 7,99$  мкм). В этот период имело место расширение капилляров, особенно выраженное в пучковой и сетчатой зонах. На 60-е сутки, после прекращения воздействия ПМП, ширина пучковой зоны достоверно не отличалась от контроля.

В сетчатой зоне коры надпочечников статистически значимое увеличение изучаемого показателя нами отмечено на 60-е и 90-е сутки эксперимента, которое составило  $315,63 \pm 4,77$  мкм и  $291,47 \pm 4,92$  мкм соответственно (контроль -  $259,31 \pm 5,73$  мкм).

После прекращения воздействия фактора величина изучаемого показателя колебалась в пределах доверительных границ нормы.

Нами было установлено, что хроническое воздействие нормированного ПМП оказывало существенное влияние на морфометрические характеристики клеток коры надпочечников. Как правило, в результате воздействия данного фактора мы отмечали увеличение объема клеток, ядер и ядрышек во всех зонах коры надпочечников.

Объем клетки на 30-е сутки воздействия ПМП достоверно не изменился лишь в клубочковой зоне и составил  $841,24 \pm 14,11$  мкм (контроль -  $896,34 \pm 27,27$  мкм). В пучковой и сетчатой зонах нами отмечено статистически значимое увеличение изучаемого показателя:  $1589,21 \pm 29,87$  мкм (контроль  $1211,50 \pm 39,65$  мкм) и  $898,41 \pm 31,45$  мкм (контроль -  $744,59 \pm 24,05$  мкм) соответственно. На 60-е сутки исследования в клубочковой, пучковой и сетчатой зонах коры надпочечников было выявлено статистически значимое увеличение объема клеток, причем в пучковой зоне оно было максимальным:  $1053,43 \pm 41,25$  мкм,  $1963,34 \pm 117,12$  мкм и  $1028,01 \pm 4342$  мкм соответственно. При морфологическом изучении большинство клеток в этот период, особенно пучковой зоны, были увеличены, в них обнаружены явления вакуольной дистрофии и отек клеточных мембран. При дальнейшем воздействии фактора (90-е сутки) в клубочковой и сетчатой зонах наблюдалась тенденция к увеличению объема клеток, а в пучковой зоне – к уменьшению.

После прекращения воздействия ПМП, на 120-е сутки эксперимента, статистически значимые изменения объема клеток отмечались в клубочковой и сетчатой зонах. В целом, период последствия характеризовался тенденцией к нормализации изучаемого показателя.

Объем ядра, особенно в сетчатой зоне коры надпочечников, изменялся волнообразно. На 30-е сутки воздействия ПМП нами отмечено статистически значимое увеличение данного показателя в пучковой зоне:  $190,12 \pm 6,47$  мкм (контроль -  $164,04 \pm 3,18$  мкм). В результате воздействия фактора в дальнейшем наблюдалась тенденция к увеличению объема ядра и на 90-е сутки эксперимента этот показатель составил: в клубочковой зоне -  $149,88 \pm 6,74$  мкм (контроль -  $132,12 \pm 3,05$  мкм), пучковой -  $214,94 \pm 7,37$  мкм, сетчатой -  $189,88 \pm 11,21$  мкм (контроль -  $172,89 \pm 14,38$  мкм).

После прекращения воздействия ПМП на 120-е, 150-е и 180-е сутки эксперимента (30-е, 60-е и 90-е сутки последствия) величина изучаемого показателя колебалась в пределах доверительных границ нормы.

Объем ядрышка на 30-е сутки воздействия ПМП достоверно изменился и только в пучковой зоне составил  $32.09 \pm 1.12$  мкм (контроль -  $27.68 \pm 0.79$  мкм). В клубочковой и сетчатой зонах были обнаружены статистически не значимые изменения:  $25.64 \pm 1.47$  мкм (контроль -  $22.88 \pm 0.77$  мкм),  $20.02 \pm 1.13$  мкм (контроль -  $21.40 \pm 0.69$  мкм) соответственно. В результате двухмесячного воздействия ПМП предельно допустимого уровня нами отмечены статистически значимые увеличения изучаемого показателя в клубочковой и пучковой зонах, который составил  $29.78 \pm 1.25$  мкм и  $33.74 \pm 1.86$  мкм соответственно. Только при 90-суточном воздействии фактора наблюдалось статистически значимое увеличение объема ядрышка во всех зонах коры надпочечников. В клубочковой зоне данный показатель составил  $30.01 \pm 1,17$  мкм, пучковой -  $32.97 \pm 1.14$  мкм, сетчатой -  $25.78 \pm 1.16$  мкм.

После прекращения воздействия ПМП, на 120-е сутки эксперимента (30-е сутки последствия), статистически значимые различия мы наблюдали только в клубочковой зоне коры надпочечников. В дальнейшем, на 150-180-е сутки эксперимента (60, 90 сутки последствия величина изучаемого показателя не отличалась от нормы и составила: в клубочковой зоне -  $23.69 \pm 1.34$  мкм,  $23.78 \pm 1.61$  мкм, в пучковой зоне -  $28.09 \pm 0.87$  мкм,  $29.03 \pm 1.37$  мкм, в сетчатой зоне -  $20.59 \pm 0.97$  мкм,  $22.04 \pm 1.23$  мкм соответственно.

Важным показателем в оценке морфофункционального состояния коры надпочечников являлись отношения между цитоплазмой и ядром. Сопоставление средних величин ЦЯО позволили выявить увеличение данного показателя при воздействии ПМП предельно допустимого уровня. На основании выявленных изменений в сторону увеличения ЦЯО можно предположить о происходящих сдвигах на уровне взаимодействия между ядром и цитоплазмой при воздействии данного фактора.

На 30-е сутки воздействия ПМП предельно допустимого уровня ЦЯО достоверно изменились в сетчатой зоне коры надпочечника и составили  $4.57 \pm 0.21$  (контроль -  $3.31 \pm 0.19$ ). В клубочковой и пучковой зонах этот показатель колебался в пределах доверительных границ нормы, причем в клубочковой зоне в сторону уменьшения, а в пучковой зоне в сторону увеличения. Достоверные изменения изучаемого показателя были обнаружены только в сетчатой зоне на 90-е сутки эксперимента.

После прекращения воздействия ПМП, на 120-е сутки исследования (30-е сутки последствия) в сетчатой зоне отмечено достоверное увеличение ЦЯО, которое составило  $5.90 \pm 0.40$ . На 150-е сутки эксперимента изучаемый показатель в пучковой и сетчатой зонах достоверно не отличался от контроля и составил  $6.29 \pm 0.47$  (контроль -  $6.39 \pm 0.32$ ),  $3,33 \pm 0.19$  (контроль  $3.31 \pm 0.19$ ) соответственно. В клубочковой зоне на этот период обнаружено статистически значимое увеличение данного показателя. На 180-е

сутки исследования (90-е сутки последствий) величина ЦЯО колебалась в пределах доверительных границ во всех зонах коры надпочечников.

Для определения морфофункционального состояния клеток коры надпочечников имело значение выяснение характера изменений объемов цитоплазмы по отношению к объемам ядрышек - ЦЯдО. Средние показатели ЦЯдО при воздействии ПМП предельно допустимого уровня изменялись в сторону увеличения в пучковой и сетчатой зонах, а в клубочковой зоне коры надпочечников - в сторону уменьшения, а затем увеличения.

Так, при 30-суточном воздействии ПМП предельно допустимого уровня изучаемый показатель достоверно уменьшился в клубочковой зоне и составил  $31.81 \pm 1.11$  (контроль -  $42.77 \pm 0.79$ ) и  $43.88 \pm 1.13$  (контроль -  $33.79 \pm 0.69$ ) соответственно. На 90-е сутки воздействия фактора в клубочковой зоне ЦЯдО колебались в пределах доверительных границ нормы и составили  $37.06 \pm 1.17$ , а в пучковой и сетчатой зонах изучаемый показатель достоверно увеличился:  $50.93 \pm 1.14$  и  $40.95 \pm 1.16$  соответственно.

После прекращения воздействия фактора отмечена тенденция нормализации изучаемого показателя, и на 180-е сутки исследования (90-е сутки последствий) он достоверно не отличался от показателя ЦЯдО в контрольной группе.

Одним из важных количественных показателей для характеристики клеток являлись ЯЯдО, которые позволяли оценить взаимодействие ядра и ядрышка, давали дополнительную информацию о морфофункциональном состоянии клеток в каждой зоне коры надпочечников. Средние показатели ЯЯдО при воздействии ПМП изменялись в сторону увеличения в пучковой зоне и в сторону уменьшения в клубочковой и сетчатой зонах. При 30-суточном воздействии фактора изменения изучаемого показателя колебались в пределах доверительных границ нормы во всех зонах коры надпочечников. На 60-е сутки исследования достоверные изменения были обнаружены в клубочковой зоне  $3.96 \pm 0.37$  (контроль -  $4.77 \pm 0.19$ ) и в пучковой зоне  $5.90 \pm 0.50$  (контроль -  $4.93 \pm 0.19$ ).

После прекращения воздействия ПМП, на 150-е сутки эксперимента (60-е сутки последствий), величина изучаемого показателя не отличалась от нормы во всех зонах коры надпочечников.

В целом, хроническое воздействие нормированного ПМП оказывает существенное влияние на морфометрические характеристики клеток коры надпочечников. Начиная с 30-х суток исследования мы отмечаем увеличение ширины коры надпочечников и каждой зоны, увеличение объемов клеток, ядер, ядрышек, изменения внутриклеточных показателей (ЦЯО, ЦЯдО, ЯЯдО) во всех зонах.

Морфометрические данные вполне коррелировали с результатами морфологического изучения клеток коры надпочечников и отражали наличие

вакуольной дистрофии, отека их, наиболее выраженных в пучковой и сетчатой зонах, значительное расширение капилляров. По-видимому, эти явления и обуславливали данные морфометрических исследований. В дальнейшем, после прекращения воздействия фактора, нормализация морфологических изменений наступала, как правило, на 60-е, 90-е сутки последствия. Всё это соответствовало возврату морфометрических показателей к норме.

После прекращения воздействия нормированного ПМП, как правило, на 120-е сутки, иногда на 150-е сутки исследования все морфометрические характеристики клеток коры надпочечников возвращались к норме и до конца эксперимента колебались в пределах её доверительных границ.

#### *Изменения гистохимических показателей коры надпочечников*

В эксперименте были обнаружены изменения содержания аскорбиновой кислоты, активности СДГ и ЛДГ в коре надпочечников при воздействии нормированного ПМП.

#### *Изменения содержания аскорбиновой кислоты в коре надпочечников*

Известно, что аскорбиновая кислота принимает участие в синтезе кортико-стероидных гормонов, ее количество в клетках коры надпочечников определяется их функциональной активностью. Для гистохимического выявления АК пользовались методом, предложенным Жиру и Леблон в модификации Г.Г.Непряхина и В.П.Нефедова (1975). Выявлялась АК в виде зерен черного цвета неодинаковых по величине. В отдельных клетках в цитоплазме обнаружено до 8-10 зерен, в других - 3-4, либо вовсе не обнаружено. Из-за неодинакового количества зерен в различных клетках и для удобства количественной оценки нами была проведена классификация с выделением трех типов клеток по наличию и количеству аскорбиновой кислоты. В клетках I типа АК отсутствовала. В клетках II типа в цитоплазме выявляли единичные мелкие гранулы. Для клеток III типа была характерна многочисленная зернистость, наличие средних или крупных гранул. Нами вычислялось в каждом наблюдении соотношение этих типов клеток в расчете на 100.

В результате проведенного исследования выявлено, что АК в норме обнаруживалась во всех зонах коркового вещества надпочечников, но процентное соотношение в каждой из них было разным (Таблица 4.1).

Каждая зона коры надпочечников реагировала на воздействие ПМП предельно допустимого уровня по-разному.

В клубочковой зоне коры надпочечников при воздействии фактора в течение 90 суток нами было отмечено уменьшение клеток I типа до 24,5% (контроль - 40,0%).

## Содержание аскорбиновой кислоты в коре надпочечников (%)

Зоны коры Надпочечников	Типы клеток по наличию аскорбиновой кислоты		
	I	II	III
Клубочковая	40,0	43,2	16,8
Пучковая	38,6	35,4	26,0
Сетчатая	26,1	48,7	25,2

В период последействия отмечалась тенденция к их увеличению и на 30-е сутки количество клеток I типа достоверно не отличалось от контроля. Количество клеток II типа увеличилось на 30-е сутки воздействия ПМП, а затем на 120-е сутки эксперимента было отмечено повторное их увеличение. На 150-е сутки исследования (60-е сутки последействия) количество этих клеток достоверно не отличалось от контроля и составило 46,8%. Количество клеток III типа увеличилось более, чем в 2 раза на 90-е сутки воздействия фактора и составило 34,5% (контроль - 16,8%). После прекращения воздействия ПМП наблюдалась тенденция к их уменьшению и на 120-е сутки эксперимента они достигли исходного уровня.

Таким образом, в клубочковой зоне коры надпочечников наблюдалось изменение соотношения клеток различных типов, которое после прекращения воздействия ПМП возвращалось к исходному уровню на 30-60 сутки последействия.

В пучковой зоне коры надпочечников при хроническом воздействии нормированного ПМП отмечалось уменьшение клеток I типа, которое продолжалось и после прекращения воздействия фактора. Почти 4-х кратное уменьшение клеток этого типа было обнаружено на 120-е сутки эксперимента (30-е сутки последействия), которое составило 10,6% (контроль 38,6%). В дальнейшем отмечалось увеличение количества клеток этого типа и к 60 суткам последействия их количество достоверно не отличалось от контроля. Увеличение клеток II типа было отмечено на 60-е сутки воздействия ПМП, которое достигло 51,1%. В дальнейшем на 120-е сутки эксперимента (30-е сутки последействия) оно составило 52,5% (контроль - 35,4%). На 180-е сутки исследования количество клеток II типа не отличалось от контроля. Количество клеток III типа уменьшилось в 2 раза на 60-е сутки воздействия ПМП и достигло 11,4 % (контроль - 26,0%). Затем наблюдалось увеличение клеток этого типа до 38,3% на 90-е сутки воздействия ПМП. Высокий показатель количества клеток III типа сохранялся и в периоде последействия, на 30-е сутки он составил 36,9%. Только на 60-е сутки последействия количество клеток этого типа достоверно не отличалось от контроля.

Таким образом, в пучковой зоне коры надпочечников отмечались более выраженные изменения соотношений клеток различных типов наличия АК по сравнению с клубочковой зоной. Нарастание изменений соотношения клеток всех типов продолжалось и после прекращения воздействия ПМП в течение 30-е суток. Только на 60-е сутки (клетки I и III типов) и на 90-е сутки (клетки II типа) последствий их количество достоверно не отличалось от контроля.

В сетчатой зоне коры надпочечников при хроническом воздействии нормированного ПМП также отмечалось изменение соотношения клеток различных типов. Так, количество клеток I типа после прекращения воздействия ПМП, на 30-е сутки, увеличилось почти в 2 раза и составило 53,2% (контроль 26,1%).

В период последствий нами было отмечено уменьшение клеток II типа до 34,6% (контроль 48,7%). Количество клеток III типа изменялось волнообразно. На 30-е сутки воздействия ПМП отмечалось уменьшение их до 17,6%, а затем повторное двухкратное уменьшение до 12,2% (контроль 25,2%) на 120-е сутки исследования (30-е сутки последствий).

В целом, в сетчатой зоне коры надпочечников были выявлены изменения соотношений клеток различных типов, которые продолжались после прекращения воздействия ПМП в течение 30 суток. Однако на 60 сутки последствий, как правило, эти соотношения достоверно не отличались от контроля.

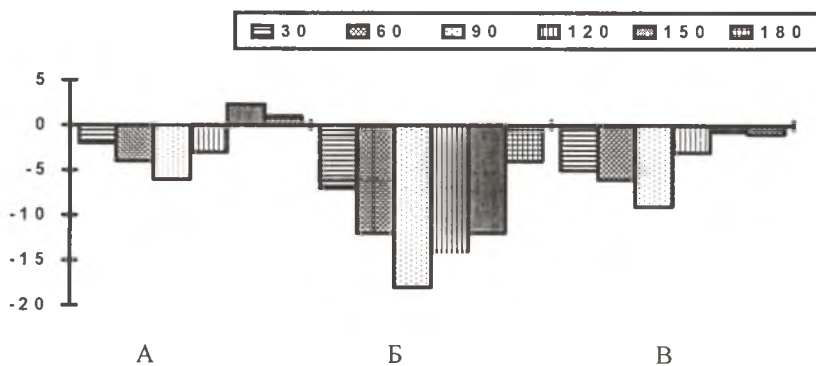
При хроническом воздействии нормированного ПМП во всех зонах коры надпочечников нами обнаружены изменения соотношений клеток различных типов. В клубочковой зоне, после прекращения воздействия фактора, эти изменения, как правило, прекращаются. В пучковой и сетчатой зонах наблюдались более выраженные изменения соотношений клеток различных типов, которые продолжались и в первые 30 суток после прекращения воздействия фактора. Только на 60-е и в некоторых случаях на 90-е сутки последствий количество клеток различных типов не отличалось от контроля.

Во всех случаях хронического воздействия нормированного ПМП было отмечено увеличение клеток II и III типов и уменьшение клеток I типа. Такие изменения свидетельствуют о повышении содержания АК во всех зонах коры надпочечников и активизации их функции. Эти изменения после прекращения воздействия фактора возвращались к норме и до конца эксперимента колебались в пределах ее доверительных границ.

Учитывая взаимосвязь морфометрических характеристик клеток и процессов, протекающих в клеточных структурах, которые обеспечиваются ферментными системами цикла Кребса, гликолиза, пентозного цикла, мы выявляли такие ферменты, как СДГ и ЛДГ, активность которых определяли на однолучевом цитоспектрофотометре по их оптической плотности в условных единицах.

Морфологически СДГ и ЛДГ выявлялись в препаратах в виде зерен формазана, окрашенных в ярко-синий цвет. Количество таких зерен, их топография зависели от активности данных ферментов. При выраженной активности порой имело место слияние зерен и образование конгломератов.

В коре надпочечников активность СДГ в норме была высокой и составила: в клубочковой зоне  $2,56 \pm 0,07$  у.е., пучковой -  $2,71 \pm 0,06$  у.е. и сетчатой -  $2,64 \pm 0,09$  у.е. (Рис. 4.8). При 90-суточном воздействии нормированного ПМП нами было отмечено снижение активности СДГ во всех зонах коры надпочечников. Наиболее выраженное снижение активности СДГ выявлено в пучковой зоне на 60, 90 сутки воздействия ПМП и оно составило  $2.40 \pm 0,01$  у.е. и  $2.23 \pm 0,11$  у.е. соответственно (Рис. 4.8).



**Рис. 4.8.** Изменения содержания СДГ в клетках клубочковой, пучковой и сетчатой зон коры надпочечников крыс при хроническом воздействии ПМП (в % к контролю).

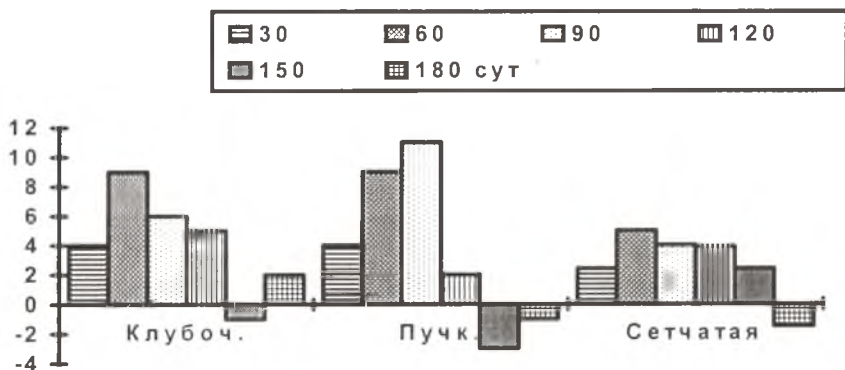
А - клубочковая зона, Б - пучковая, В - сетчатая

После прекращения воздействия ПМП отмечалась тенденция к нормализации изучаемого показателя, однако на 120-е и 150-е сутки исследования (30-е и 60-е сутки последствия) отсутствовало восстановление активности



СДГ, количество ее составило  $2,29 \pm 0,10$  у.е. и  $2,36 \pm 0,05$  у.е. соответственно. При этом зерна формазана слипались, образуя конгломераты, диффузно расположенные в корковом веществе надпочечников. Только на 90-е сутки после прекращения воздействия ПМП активность СДГ не отличалась от контроля ( $2.60 \pm 0.09$  у.е.).

В коре надпочечников активность ЛДГ была обнаружена во всех зонах и составила: в клубочковой зоне  $2.02 \pm 0.08$  у.е., пучковой -  $2.12 \pm 0.06$  у.е., сетчатой -  $2.05 \pm 0.09$  у.е. Активность ЛДГ в клетках всех зон коры надпочечников при воздействии ПМП предельно допустимого уровня имела тенденцию к повышению (Рис. 4.9).



**Рис. 4.9. Изменения содержания ЛДГ в клетках клубочковой, пучковой и сетчатой зон коры надпочечников крыс при хроническом воздействии ПМП (в % к контролю)**

После прекращения воздействия ПМП, на 120-е сутки исследования, (30-е сутки последствия) наблюдалась тенденция к нормализации активности ЛДГ. На этот период во всех зонах коры надпочечников данный показатель статистически значимо не отличался от нормы. Гистохимические показатели позволили, наряду с морфометрическими, выявить морфофункциональные изменения, наступающие в клетках коры надпочечников при 90-суточном воздействии нормированного ПМП. Эти изменения были выражены не только при воздействии фактора, но и после его прекращения.

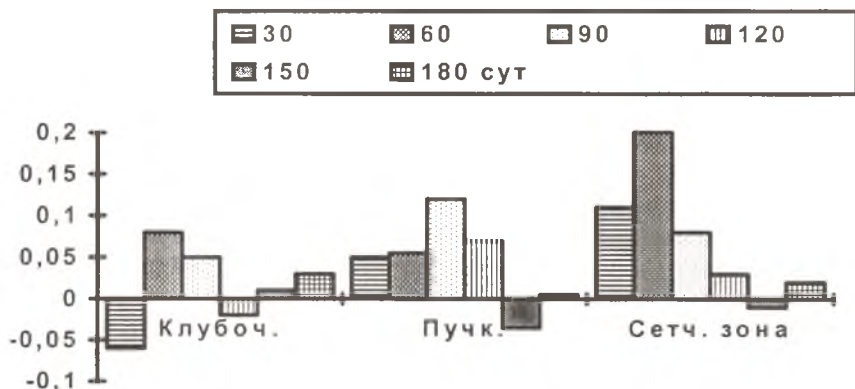
В целом, хроническое (90-суточное) воздействие нормированного ПМП вызывало обратимые морфологические изменения во всех зонах коры надпочечников, которые выражались в расширении капилляров, явлениях тканевого отека, вакуольной дистрофии, увеличении объема клеток, ядер, изменении взаимоотношений внутриклеточных структур, увеличении содер-

жания аскорбиновой кислоты в клетках, снижении активности СДГ при повышении активности ЛДГ.

*Математическое моделирование изменений морфофункционального состояния коры надпочечников*

Кору надпочечников мы изучали по 11 биологическим параметрам. Изменение каждого из них в различные сроки воздействия нормированного ПМП было подвержено индивидуальным колебаниям и не позволяло оценить морфофункциональное состояние органа в целом. Выявить характер и направленность процессов, определяемых морфофункциональным состоянием коры надпочечников, позволил комплексный подход с использованием системного многофакторного анализа и последующим математическим моделированием.

Морфофункциональное состояние коры надпочечников при воздействии ПМП предельно допустимого уровня мы оценивали по отклонению интегрального показателя ( $X_{Bi}$ ) от его нормированного значения ( $X_0$ ) (Рис. 4.10).



**Рис. 4. 10. Математические модели морфофункционального состояния различных зон коры надпочечников при воздействии ПМП**

Воздействие данного фактора приводило к отклонению интегрального показателя в клубочковой зоне и на 30-е сутки исследования его величина составила  $- 6.53 \pm 1.60 \times 10^{-2}$ . В дальнейшем при продолжающемся воздействии ПМП, на 60 сутки, отклонение интегрального показателя увеличилось  $- X_{Bi} = 8.28 \pm 1.55 \times 10^{-2}$ . На 90-е сутки эксперимента отклонение интегрального показателя было менее выраженным, его величина составила  $4.84 \pm 1.50 \times 10^{-2}$ .

После прекращения воздействия ПМП, на 120-е сутки исследования, интегральный показатель незначительно отличался от нормированного значения -  $X_{\text{Вi}} = -1.96 \pm 0.21 \times 10^{-2}$ . В последующем, на 150-е сутки исследования, величина отклонения интегрального показателя незначительно отличалась от нормированного значения ( $X_{\text{Вi}} = 0.82 \pm 0.11 \times 10^{-2}$ ). На 180-е сутки эксперимента имело место вновь отклонение изучаемого показателя до  $2.42 \pm 0.13 \times 10^{-2}$ .

В пучковой зоне коры надпочечников, на 30-е сутки исследования, отклонение интегрального показателя составило  $5.30 \pm 0.13 \times 10^{-2}$ . На 60-е и 90-е сутки эксперимента этот показатель увеличился до  $6.20 \pm 0.21 \times 10^{-2}$  и  $12.01 \pm 0.14 \times 10^{-2}$  соответственно.

После прекращения воздействия ПМП, на 120-е сутки исследования, величина  $X_{\text{Вi}}$  соответствовала  $7.60 \pm 0.15 \times 10^{-2}$ . В дальнейшем, на 150-е и 180-е сутки эксперимента, определялась явно выраженная тенденция возврата интегрального показателя к нормированному значению и на 180-е сутки его величина составила  $0.90 \pm 0.16 \times 10^{-2}$ .

В сетчатой зоне коры надпочечников, на 30-е сутки воздействия ПМП, как и в пучковой зоне, величина отклонения изучаемого показателя от нормированного значения возрастала и составила  $11.30 \pm 0.13 \times 10^{-2}$ . При продолжающемся воздействии ПМП, на 60-е сутки его отклонение увеличилось и составило  $19.80 \pm 0.19 \times 10^{-2}$ . На 90-е сутки исследования отклонение интегрального показателя было менее выраженным -  $X_{\text{Вi}} = 8.31 \pm 0.17 \times 10^{-2}$ .

После прекращения воздействия ПМП, на 120-е сутки эксперимента, интегральный показатель незначительно отличался от нормированного значения  $X_{\text{Вi}} = 2.90 \pm 0.26 \times 10^{-2}$ . На 150-е сутки исследования имела место тенденция приближения данного показателя к нормированному значению  $X_{\text{Вi}} = -0.73 \pm 0.16 \times 10^{-2}$ , но на 180-е сутки эксперимента отмечено его повышение до  $2.10 \pm 0.17 \times 10^{-2}$ .

В целом полученные модели отражают изменения морфофункционального состояния коры надпочечников как в период воздействия ПМП, так и после его прекращения. Она описывается синусоидой, что отражает колебательный характер процессов в органе на протяжении всего исследования. Наиболее выраженные изменения при хроническом воздействии нормированного ПМП нами отмечены на 60-е и 90-е сутки эксперимента во всех зонах коры надпочечников.

После прекращения воздействия ПМП, выявлена тенденция к нормализации морфофункционального состояния коры надпочечников на 120 – 150-е сутки исследования.

В процессе проведения системного многофакторного анализа нами выявлены коэффициенты влияния и при определении их ранговых значений

мы установили, что более влияющими показателями в клубочковой зоне при воздействии ПМП были ширина зоны, активность СДГ, ЛДГ, объем клетки, ЦЯДО.

В период после отмены воздействия ПМП наиболее значимые по коэффициентам влияния показатели: объем ядра, ЦЯДО.

В пучковой зоне более влияющими при воздействии ПМП были показатели: ширина зоны, ЦЯДО, активность СДГ, ЛДГ, ЦЯО.

В сетчатой зоне при 90-суточном воздействии нормированного ПМП более показателями были: ширина зоны, ЦЯДО, активность СДГ, ЛДГ, объем клетки.

Выявленные нами коэффициенты влияния отражают различную значимость изученных показателей в обеспечении морфофункционального состояния органа дифференцированно для периода воздействия ПМП и после его прекращения. В период воздействия фактора изменения таких показателей, как ширина зоны, активность СДГ, ЛДГ, объем клетки свидетельствуют о явлениях тканевого и клеточного отека.

В период последствия наряду с этими показателями, отмечены изменения и цитологических, а именно: объема ядра, ЦЯДО.

Стойкость по коэффициентам влияния такого показателя, как объем ядрышка отражает отсутствие выраженного влияния нормированного ПМП на носителя генетического аппарата клетки, особенно такого, как ядрышко, ответственного за синтез рибосомальной РНК.

В целом, небольшое отклонение интегрального показателя на математических моделях во время воздействия нормированного ПМП и раннее его приближение к норме после прекращения воздействия фактора, отражало реактивный характер развивающихся процессов в коре надпочечников. Отсутствие деструктивных изменений и влияния на генетически важные структуры (стойкость показателей объема ядрышка, ЯЯДО) свидетельствовали об отсутствии повреждающего действия на орган ПМП предельно допустимого уровня.

## ГЛАВА V. Особенности гуморальной регуляции в условиях комбинированного воздействия физических факторов окружающей среды

Особый интерес представляют исследования комбинированного воздействия на организм нескольких физических факторов окружающей среды. Подобная ситуация является наименее изученной и при этом имеет наибольшее практическое значение, поскольку в реальных условиях производства приходится встречаться именно с комбинированным влиянием.

В данной главе представлены результаты исследований комбинированного действия ГГМП, ИГМП и ЭМИ с ионизирующим излучением и повышенной температурой окружающей среды на фоне дополнительной нагрузки в виде анафилактического шока.

### 5.1. Комбинированное действие ГГМП, ИГМП и ЭМИ

Однократное воздействие микроволнового излучения в течение 30 минут с ППМ  $1 \text{ мВт/см}^2$  вызвало через 1 сутки значительное увеличение содержания адреналина в крови животных (Рис. 5.1.) Все остальные исследованные нами показатели оставались в пределах нормы.

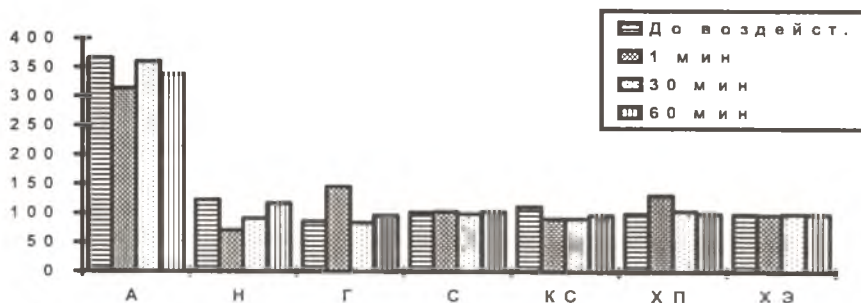


Рис. 5.1. Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок, подвергнутых воздействию ЭМИ, в динамике после получасового пребывания в ГГМП (в % от контроля).

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин,  
КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы,  
ХЭ - холинэстераза эритроцитов

Другая группа морских свинок через сутки после облучения была на 30 минут помещена в ГГМП с коэффициентом экранирования 10. У этих животных сохранился высокий уровень адреналина в крови в течение 1 часа

после извлечения их из экранирующей камеры. Величина концентрации данного биогенного амина практически не отличалась от наблюдавшейся у облученных особей, не подвергавшихся воздействию ГГМП, Однако найдены и отличия между этими двумя группами. Через 1 минуту после возвращения морских свинок к нормальному ГМП у них выявлено увеличение содержания гистамина в крови и возрастание активности АХЭ в плазме. Через 30 минут оба названных показателя возвратились к норме и в дальнейшем каких-либо изменений их величины не наблюдалось.

Сравним описанные результаты с ранее проанализированными данными по влиянию получасового пребывания необлученных морских свинок в ГГМП (Рис. 3.12). У этих животных в первую минуту после извлечения из экранирующей камеры отмечалось увеличение содержания адреналина и гистамина в крови. Другие показатели, в том числе активность АХЭ, не изменялись.

Через 30 минут уровень адреналина возвращался к норме, концентрация гистамина и серотонина уменьшалась ниже контрольных значений. По прошествии часа после воздействия была отмечена вторая волна повышения количества адреналина в крови, нарастало содержание норадреналина. Продолжалось снижение уровня гистамина и серотонина (Рис. 3.12).

Таким образом, в описанных экспериментах обнаружены существенные различия в реакции систем поддержания гомеостаза на ГГМП у интактных и подвергнутых воздействию ЭМИ животных. Облучение привело к угнетению реакции САС, гистаминергической, се-ротонинергической и активизации холинергической систем на ГГМП.

#### *Комбинированное влияние многократного воздействия ЭМИ и длительного пребывания в ГГМП и ИГМП*

В эксперименте часть животных сенсibilизировали 0,1 мл нормальной лошадиной сыворотки. Через сутки первую группу морских свинок, часть из которых были сенсibilизированы, поместили в две камеры. В одной из них имело место трехкратное ослабление индукции ГМП, в другой ИГМП. Вторую группу животных с 10 сутками сенсibilизации ежедневно облучали ЭМИ по 30 минут с ППМ 1 мВт/см<sup>2</sup>. Третья группа подвергалась комбинированному воздействию ЭМИ с ГГМП и ИГМП: их помещали в экранирующие камеры и через 10 суток ежедневно облучали ЭМИ, продолжая содержать морских свинок в тех же камерах.

На 21 сутки эксперимента всем животным вводили внутривенно 0,5 мл нормальной лошадиной сыворотки. При этом у сенсibilизированных морских свинок воспроизводился анафилактический шок, несенсibilизированные служили для сравнения. Контролем также являлись необлученные животные, которым вводили разрешающую дозу сыворотки.

У морских свинок, не подвергавшихся действию физических факторов, наблюдался тяжелый АШ, приводивший к гибели животных в течение 2,5-3 минут. При этом отмечено значительное увеличение концентрации гистамина, адреналина и норадреналина в крови (Рис. 5.2.).

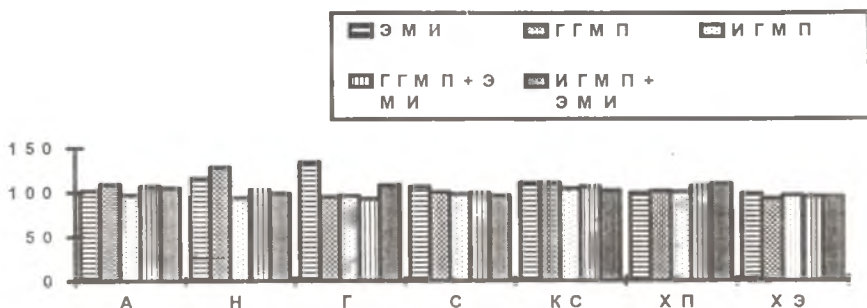


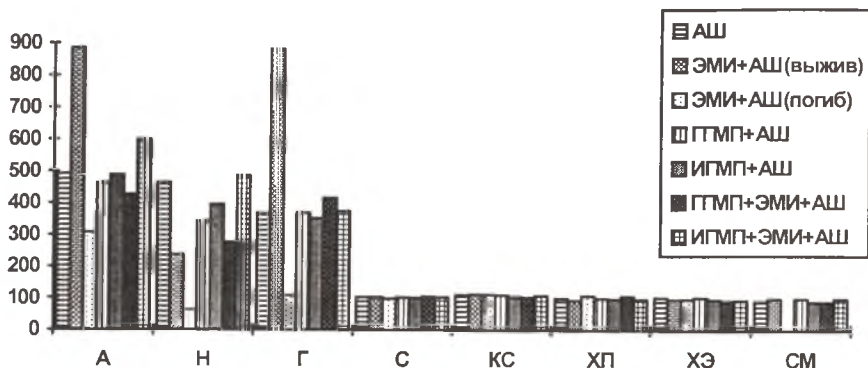
Рис. 5.2. Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после воздействия ЭМИ, ГГМП, ИГМП (в % от контроля).

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин,  
 КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы,  
 ХЭ - холинэстераза эритроцитов

ЭМИ не вызвало статистически значимых изменений уровня исследуемых показателей (Рис. 5.2.) АШ у облученных животных был угнетен. Это выразилось в гибели только половины морских свинок, участвовавших в эксперименте. В связи с тем, что биохимические изменения у погибших и выживших животных имели различный характер, результаты анализа их крови на рис. 5.3. мы представили отдельно.

У оставшихся в живых после АШ животных содержание адреналина в крови было выше нормы, но значительно ниже, чем это имело место во время шока у необлученных животных. Уровень гистамина и норадреналина в этой группе не отличался от контроля.

У погибших в результате АШ облученных свинок содержание гистамина и адреналина было почти вдвое выше, чем у необлученных животных, а содержание норадреналина - ниже. Однако и уровень норадреналина у них превышал норму.



**Рис. 5.3. Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после воздействия ЭМИ, ГГМП, ИГМП и АШ (в % от контроля). А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы, ХЭ - холинэстераза эритроцитов, СМ - смертность от АШ**

Следовательно, у половины морских свинок под влиянием ЭМИ наблюдалось угнетение АШ и сопровождающих его изменений содержания адреналина, норадреналина и гистамина в крови. У остальных животных, наоборот, усилились биохимические проявления анафилактического шока. Одновременно изменилось соотношение между адреналином и норадреналином.

Длительное изолированное воздействие ГГМП и ИГМП не вызвало отклонений от нормы исследуемых биохимических показателей. АШ у этих животных не отличался от обычного ни по внешним проявлениям, ни по биохимическим изменениям.

При комбинированном воздействии ЭМИ с ГГМП и ИГМП изменений изучаемых показателей также не наблюдалось. АШ у всех животных кроме одного был смертельным. Следовательно, длительное пребывание морских свинок в ГГМП и ИГМП предотвращает угнетение анафилактической реакции, вызванное облучением. Содержание норадреналина в серии с ГГМП было ниже, чем у морских свинок, не подвергавшихся физическим воздействиям. У животных, находившихся в ИГМП, повышение уровня адреналина во время шока было более выраженным.

В наших исследованиях многократное воздействие ЭМИ на морских свинок вызвало угнетение АШ у части животных. Сопровождающее его увеличение содержания гистамина, адреналина и норадреналина в крови было менее значительным. У погибших от анафилаксии морских свинок



описанные изменения исследуемых показателей были более выраженными по сравнению с необлученными животными. Пребывание в ослабленном в 3 раза и искаженном ГМП, не вызывая существенных изменений тяжести анафилактического шока и содержания адреналина, норадреналина и гистамина в крови морских свинок, модифицировало влияние ЭМИ на названные показатели. В результате этого АШ у животных, подвергавшихся комбинированному воздействию, практически не отличался от реакции, наблюдавшейся у необлученных животных. Тем самым выявлены латентные изменения реактивности организма, вызванные влиянием искажения ГМП, которые не обнаруживались другим способом.

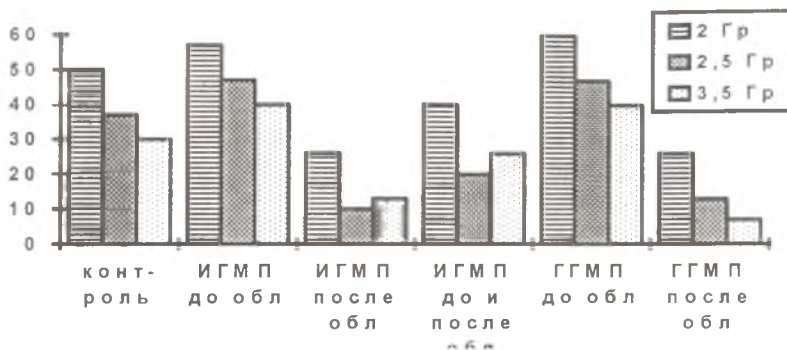
Таким образом, получены новые факты, указывающие на то, что воздействие ГГМП и ИГМП в течение 20 суток модифицирует влияние ЭМИ с ППМ I мВт/см<sup>2</sup>, вызывая угнетение резервных возможностей симпато-адреналовой системы у облученных животных. Это проявляется в менее выраженном увеличении концентрации адреналина в крови в условиях нагрузки в виде АШ по сравнению с реакцией на ту же нагрузку у облученных животных без предварительного воздействия ГГМП и ИГМП.

## **5.2. Комбинированное действие ГГМП, ИГМП и ионизирующего излучения**

Задачей эксперимента было выявление влияния ГГМП и ИГМП на выживаемость морских свинок, подвергнутых воздействию рентгеновского излучения. Животных облучали в трех дозах (Рис. 5.4.) в утренние часы. Первую группу помещали в камеру с ИГМП за сутки и извлекали за 30-40 минут до облучения. Вторую группу помещали в камеру через час после воздействия на 3 часа. Третья находилась в ИГМП как до, так и после облучения. Четвертую группу содержали в камере с ГГМП (десятикратное ослабление) в течение 14 суток.

Воздействие прекращалось за 1 час до облучения. Пятую группу помещали в ту же камеру через час после облучения на 3 часа. Контрольные животные никаким дополнительным воздействиям, кроме рентгеновского излучения не подвергались. В течение месяца после облучения проводили наблюдения над животными. Отмечали количество особей, выживших в течение 30 суток.

В качестве биологического контроля на протяжении всего срока исследований, в тех же условиях содержались 50-100 морских свинок, из которых формировались группы для дальнейших экспериментов. Гибели среди этих животных практически не было (1-2% в месяц).



**Рис. 5.4.** Влияние ГГМП и ИГМП на выживаемость морских свинок после воздействия ионизирующего излучения (в %)

В результате эксперимента получены следующие данные. При предварительном воздействии ГГМП и ИГМП выживаемость морских свинок при всех трех дозах облучения была на 7 - 10% выше, чем в контроле. Воздействие обоих исследуемых факторов после облучения привело к снижению выживаемости свинок на 20-25%. При помещении животных в ИГМП до и после облучения смертность также увеличивалась, но в меньшей степени.

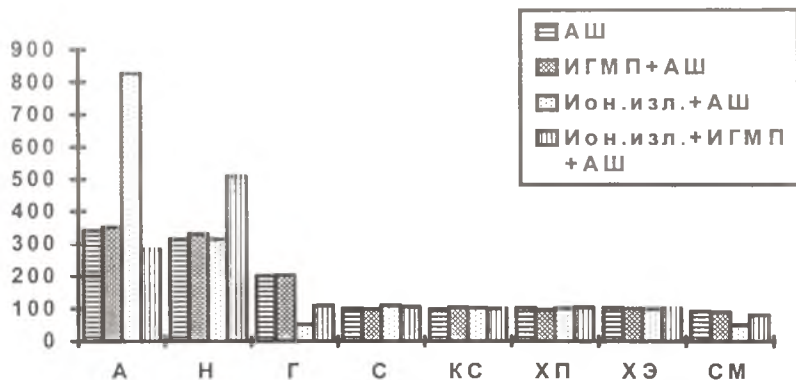
Полученные результаты позволяют отметить сходство эффектов искаженного и ослабленного ГМП при различных дозах облучения. Предварительное воздействие приводит к небольшому ослаблению тяжести лучевого поражения. После облучения, в период первичной реакции, как искаженное, так и ослабленное ГМП способствует увеличению смертности животных. При сочетании предварительного и последующего воздействия положительный эффект от предварительного влияния изменений ГМП частично нейтрализует более выраженный отрицательный, вызванный изменениями ГМП после облучения.

В следующем эксперименте мы поставили задачу исследовать влияние ИГМП на состояние систем гуморальной регуляции в условиях нагрузки АШ у облученных морских свинок.

Для этого часть животных сенсибилизировали 0,1 мл нормальной лошадиной сыворотки. Через 15 суток первую группу морских свинок, половина из которых были сенсибилизированы, подвергли общему рентгеновскому облучению в дозе 1 Гр. Вторую группу в тот же срок поместили в ИГМП на 6 суток. Третья группа подвергалась комбинированному воздействию ионизирующего излучения в ГГМП. Морских свинок помещали в камеру через 40 минут после облучения.

Через сутки после извлечения из ГГМП всем животным вводили внутривенно 0,5 мл нормальной лошадиной сыворотки. При этом у сенсibilизированных морских свинок воспроизводился анафилактический шок, несенсибилизированные служили для сравнения. Контролем также являлись необлученные животные, которым вводили разрешающую дозу сыворотки.

У морских свинок, не подвергавшихся воздействию физических факторов, наблюдался тяжелый АШ, приводивший к гибели животных в течение 2-3 минут. Из 11 находившихся в опыте морских свинок только одна дожила до конца указанного срока. При этом отмечено значительное увеличение концентрации гистамина, адреналина и норадреналина в крови (Рис. 5.5).

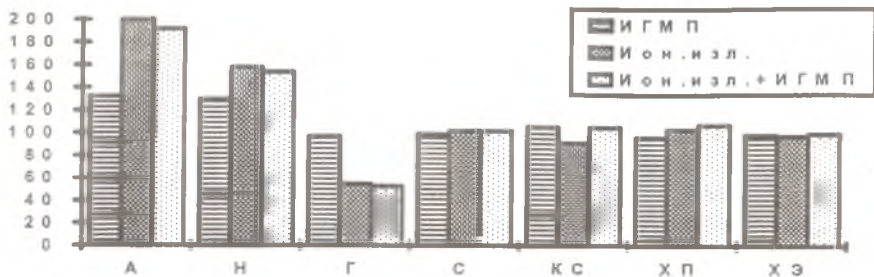


**Рис. 5.5.** Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после воздействия ионизирующего излучения, ИГМП и АШ.

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин,  
 КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы,  
 ХЭ - холинэстераза эритроцитов, СМ - % смертности от АШ

Пребывание животных в течение 6 суток в условиях экранирования геомагнитного поля не позволило обнаружить статистически значимых изменений исследуемых показателей через сутки после прекращения воздействия (Рис. 5.6).

Имелась лишь тенденция к небольшому возрастанию уровня адреналина и норадреналина в крови. АШ у этих животных протекал также, как и в контроле. Из 10 морских свинок погибло 9. Увеличение концентрации исследованных нами биогенных аминов было таким же, как у особей, не подвергавшихся действию ИГМП (Рис. 5.6).



**Рис. 5.6.** Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после воздействия ионизирующего излучения и ИГМП (в % от контроля).

**А** - адреналин, **Н** - норадреналин, **Г** - гистамин, **С** - серотонин, **КС** - кортикостероиды, **ХП** - холинэстераза плазмы, **ХЭ** - холинэстераза эритроцитов

Рентгеновское излучение вызвало снижение содержания гистамина в крови. Уровень адреналина и норадреналина у этих морских свинок повышался. АШ у облученных животных был угнетен. Это выразилось в гибели половины особей, участвовавших в эксперименте. Концентрация гистамина в крови у данной группы животных уменьшалась. Содержание адреналина увеличивалось в значительно большей степени, а норадреналина - до такого же уровня, как у необлученных морских свинок.

Комбинированное действие ионизирующего излучения и ИГМП вызвало приблизительно такие же изменения исследуемых показателей, как и облучение без ИГМП. Следовательно, пребывание животных в экранирующей камере не оказало существенного влияния на концентрацию биогенных аминов в крови. Однако течение АШ у морских свинок, подвергнутых комбинированному влиянию изучаемых физических факторов, значительно отличалось от наблюдавшегося у животных, облученных без дополнительного воздействия. Эффект угнетения АШ не отмечен - из 10 участвовавших в эксперименте особей погибло 8. Содержание гистамина в крови этих морских свинок не отличалось существенно от нормы, то есть было выше, чем при облучении без ИГМП и ниже, чем во время АШ у контрольных животных. Возрастание концентрации адреналина было меньшим, а норадреналина - большим, чем у особей, облученных без дополнительного воздействия (Рис. 5.6)

Таким образом, ослабленное в 10 раз ГМП и ИГМП вызывало радиомодифицирующий эффект, который проявлялся в виде снижения смертности при предварительном действии на протяжении 1 и 14 суток и увеличе-

гибели при экспозиции в течение 3 часов после воздействия ионизирующего излучения в дозах 2 - 3,5 Гр.

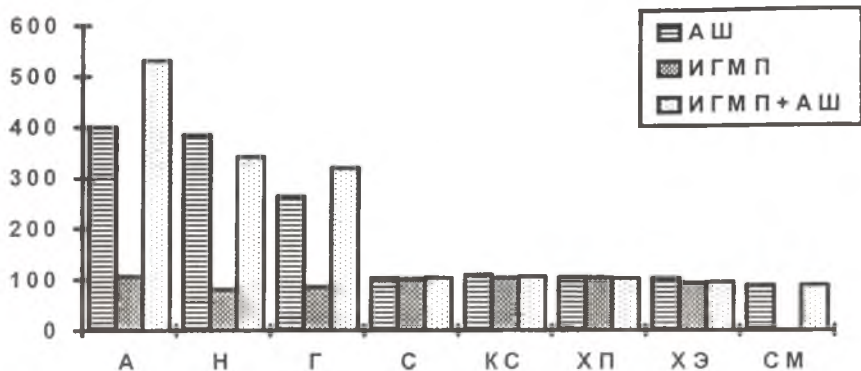
Экспозиция животных в ИГМП в течение 6 суток после воздействия ионизирующего излучения в дозе 1 Гр вызывало угнетение резервных возможностей симпато-адреналовой системы, что проявлялось в виде менее выраженного увеличения концентрации адреналина в крови в условиях нагрузки АШ по сравнению с реакцией на ту же нагрузку у облученных животных без предварительного воздействия ИГМП.

### **5.3. Комбинированное действие ИГМП и повышенной температуры окружающей среды**

В экспериментах по исследованию комбинированного действия ИГМП и гипертермии животных сенсibilизировали нормальной лошадиной сывороткой. Через сутки первую группу морских свинок, половина из которых были сенсibilизированы, поместили в экранированное помещение. Вторую группу животных с 8 суток сенсibilизации ежедневно помещали в камеру с горячим воздухом (температура 50°C, всего 9 сеансов). Третья группа подвергалась комбинированному воздействию ИГМП и повышенной температуры окружающей среды. Животных содержали в камерах с ИГМП и ежедневно воздействовали тепловой нагрузкой.

На 21 сутки после начала эксперимента всем животным вводили внутривенно 0,5 мл нормальной лошадиной сыворотки. При этом у сенсibilизированных морских свинок воспроизводился АШ, несенсibilизированные служили для сравнения. Контролем также являлись животные, не подвергавшиеся физическим воздействиям, которым вводили разрешающую дозу сыворотки.

У морских свинок, не подвергавшихся воздействию физических факторов, отмечен тяжелый АШ, приводивший к смерти животных в течение 3 минут. Из 18 находившихся в эксперименте морских свинок погибло 16 (Рис. 5.7).



**Рис. 5.7.** Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после пребывания в ИГМП в течение 20 суток и АШ (в % от контроля).

**А** - адреналин, **Н** - норадреналин, **Г** - гистамин, **С** - серотонин, **КС** - кортикостероиды, **ХП** - холинэстераза плазмы, **ХЭ** - холинэстераза эритроцитов, **СМ** - % смертности от АШ

Обнаружено возрастание уровня адреналина, норадреналина и гистамина, а также тенденция к увеличению содержания 11-ОКС в крови (Рис. 5.7). При этом наблюдалось снижение концентрации адреналина и повышение 11-ОКС в надпочечниках (Рис. 5.9). Относительная масса надпочечников у этих животных была выше, чем в контроле.

Пребывание морских свинок в ИГМП не позволило выявить статистически значимых изменений исследуемых показателей. АШ у этих животных протекал так же, как и в контроле. Из 10 морских свинок погибло 9. Изменения концентрации изучаемых нами биологически активных веществ были сходны с таковыми у особей, не подвергавшихся действию ИГМП.

Многочисленное пребывание животных в условиях повышенной температуры окружающей среды вызвало увеличение содержания адреналина и 11-ОКС в крови (Рис.5.8).

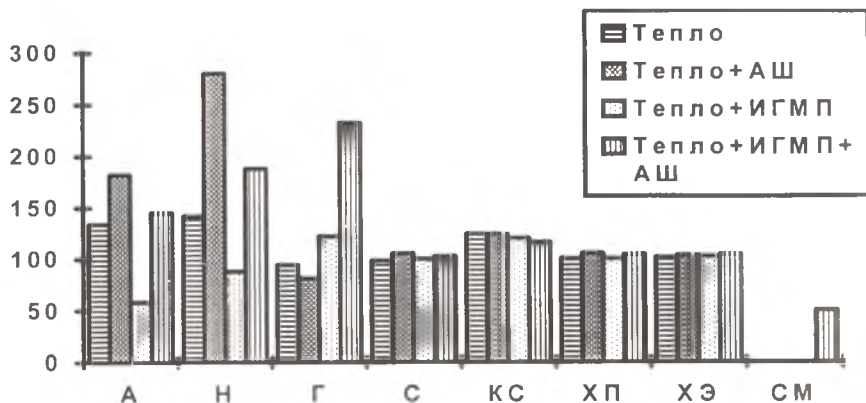


Рис. 5.8. Содержание биологически активных веществ в крови морских свинок после воздействия ИГМП, повышенной температуры окружающей среды и АШ (в % от контроля).

А - адреналин, Н - норадреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ХП - холинэстераза плазмы, ХЭ - холинэстераза эритроцитов, СМ - % смертности от АШ

В надпочечниках отмечено возрастание концентрации 11-ОКС и снижение уровня адреналина при увеличении относительной массы органа (Рис.5.10). АШ у этих морских свинок угнетался. Это выразилось в выживании всех животных данной группы после введения нормальной лошадиной сыворотки. Активность стрессреализующих систем у них также значительно изменилась. Отмечено снижение уровня гистамина и одновременное увеличение концентрации адреналина, норадреналина и 11-ОКС в крови. Содержание 11-ОКС в надпочечнике также возрастало, а адреналина - снижалось.

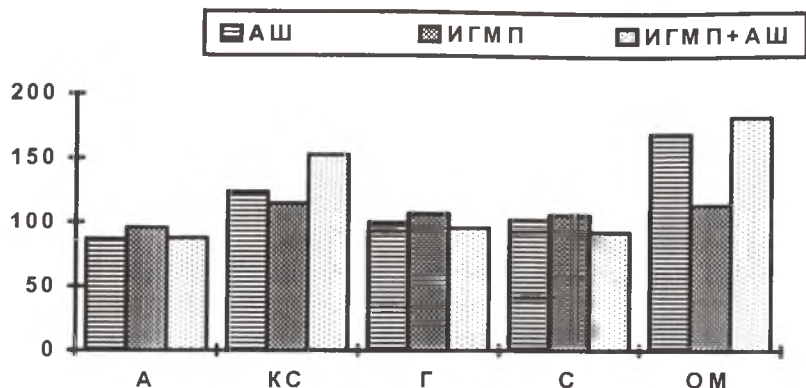


Рис. 5.9. Содержание биологически активных веществ в надпочечниках морских свинок после пребывания в ИГМП в течение 20 суток и АШ (в % от контроля).

А - адреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ОМ - относительная масса надпочечника

При комбинированном действии тепловой нагрузки и ИГМП относительная масса надпочечника не отличалась от контроля (Рис. 5.10).

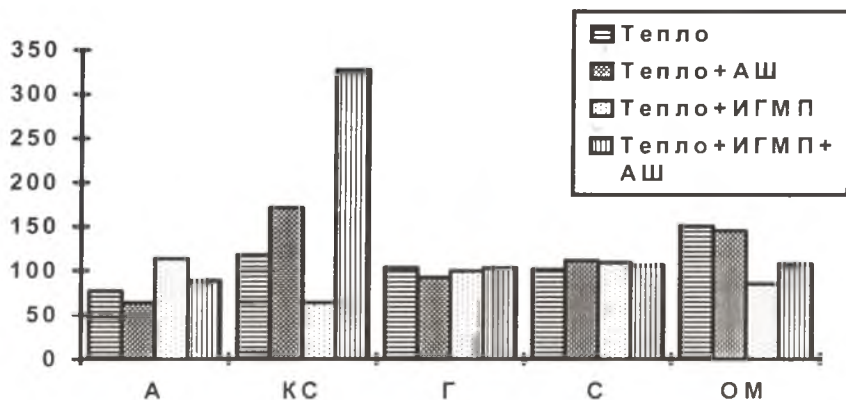


Рис. 5.10. Содержание биологически активных веществ в надпочечнике морских свинок после воздействия ИГМП, повышенной температуры окружающей среды и АШ (в % от контроля).

А - адреналин, Г - гистамин, С - серотонин, КС - кортикостероиды, ОМ - относительная масса надпочечника



Произошло повышение уровня адреналина и снижение 11-ОКС в названном органе. В крови у этих морских свинок отмечено снижение концентрации адреналина и увеличение содержания гистамина и 11-ОКС. Проявление АШ у животных, подвергнутых комбинированному влиянию изучаемых физических факторов, значительно отличалось от наблюдавшегося в группе с тепловой нагрузкой без дополнительного воздействия. Угнетения шока не наблюдалось: из 10 участвовавших в эксперименте особей погибло 9. Относительная масса надпочечника у этих морских свинок не отличалась от нормы. Уровень 11-ОКС в названном органе значительно возрастал, а концентрация адреналина снижалась. В крови животных произошло увеличение количества гистамина, адреналина и норадреналина, менее выраженное, чем при АШ без физических воздействий.

Полученные нами результаты показывают, что пребывание животных в ГГМП в течение 20 суток не вызвало существенных изменений функции коры надпочечников и симпато-адреналовой системы, а также не влияло на проявления анафилактического шока у морских свинок. Однако при этом данное воздействие оказало значительный эффект на характер реакции организма на экстремальные условия окружающей среды. Это дает основания предполагать возникновение в организме в процессе адаптации к ГГМП латентных изменений исследуемых систем, которые проявляются в экстремальных ситуациях.

Таким образом, использование теплового воздействия и АШ в качестве адекватной нагрузки на системы, обеспечивающие адаптацию организма к экстремальным условиям окружающей среды, позволило выявить изменения состояния симпато-адреналовой и гипофизарно-надпочечниковой систем, возникшие под влиянием ИГМП, которые не обнаруживались другим способом.

Установлено, что ИГМП вызывает нарушение формирования устойчивой адаптации к многократному действию повышенной температуры окружающей среды, что выражается в угнетении симпато-адреналовой и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, активизацию механизмов освобождения гистамина в условиях нагрузки в виде анафилактического шока и вызывает увеличение смертности от шоковой реакции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие биологического мира шло при определенном фоне электромагнитных полей. Эволюционная адаптация выработала у всех организмов способность реагировать на изменения естественного геомагнитного поля и на сверхслабые воздействия низкочастотных и высокочастотных электромагнитных полей (И.Г.Акоев, 1988). В условиях ГМП формировались механизмы поддержания гомеостаза.

ГМП можно рассматривать как своеобразный дефицит информации. При попадании организма в гипомагнитную среду начинается развитие процесса адаптации к изменившимся условиям окружающей среды, протекающий в несколько стадий. Доказано непосредственное влияние магнитных полей на нервную ткань (С.Н. Лукьянова, 1967; 1970; Ю.А.Холодов, 1971; 1998). Имеются данные о роли ноцицептивной системы в магниторецепции (Ю.А.Холодов, 1992). Вероятно, таким же путем может фиксироваться и дефицит информации, выраженный в снижении нормального фона ГМП. Это обуславливает актуальность изучения влияния электромагнитных полей окружающей среды на состояние систем регуляции и поддержания гомеостаза.

В наших экспериментах воздействие ослабленного в 10 раз ГМП вызывало у животных кратковременную обратимую физиологическую реакцию в виде последовательного включения отдельных звеньев гуморальной регуляции. Эта реакция проявлялась как на центральном уровне, так и на уровне периферических эндокринных желез и зависела от длительности воздействия.

Так, в первые 30 минут после начала воздействия наблюдалась реакция центральных адренергических, серотонинергических и гистаминергических систем в виде возрастания уровня адреналина, норадреналина, серотонина и гистамина в головном мозге с последующим снижением содержания биогенных аминов и фазными изменениями количества гистамина. Одновременно происходила активизация симпато-адреналовой системы и процессов освобождения гистамина, что выразилось в кратковременном увеличении содержания адреналина, норадреналина и гистамина в крови с последующим возвращением к норме.

На следующей стадии адаптации к ГМП (после 3 часов воздействия) наблюдалось усиление функциональной активности гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы в виде увеличения уровня 11-ОКС в периферической крови, которое имело обратимый характер. Через сутки отмечено включение холинергической системы, выразившееся в возрастании активности АХЭ в плазме крови.

При длительном воздействии ГМП на организм (20 суток) адаптационная реакция переходила в новую фазу, характеризовавшуюся нормаль-

ным уровнем гуморальных факторов в крови. Подобные результаты наблюдались при ослаблении ГМП в 2, 3 и 10 раз, а также при пребывании животных в условиях ИГМП.

Реакция систем нейро-гуморальной регуляции на воздействие ГМП отмечалась и другими авторами. Установлено, что в первые часы воздействия ГМП концентрация гистамина в сердечной мышце возрастала, после чего обнаружено снижение уровня этого биогенного амина (В.И.Бабич, Е.Н.Панасюк, 1991). Отмечено повышение чувствительности мускулатуры тонкого кишечника морской свинки к действию гистамина, ацетилхолина и серотонина (В.И.Бабич и соавт., 1989). Длительное пребывание крыс в ГМП вызвало увеличение содержания норадреналина и дофамина в гиппокампе и снижение концентрации норадреналина в коре головного мозга (В.Я.Сандодзе и соавт., 1991), активизацию функции коры надпочечников (И.В.Шуст, И.М.Костиник, 1976). Однако эти сведения не дают возможности проанализировать комплексную реакцию регулирующих систем организма на ГМП, позволяющую судить о механизмах физиологической активности этого физического фактора.

Адаптация к ГМП имеет определенные отличия от типичной стресс-реакции. Она также протекает в несколько стадий. В первую фазу (24 часа от начала воздействия) реакция регулирующих механизмов на возмущающее воздействие отмечалась как на центральном уровне, так и на уровне периферических эндокринных желез. На центральном уровне мы наблюдали активизацию адренергических, гистаминергических и серотонинергических систем.

Известно, что освобождение норадреналина нейронами гипоталамуса можно считать пусковым звеном стресс-реакции (С.А.Еремина, Е.И.Белякова, 1988). Имеются сведения об ускорении синтеза (Н.Нybас, G.Sedvall, 1970; Н.М.Thierry, 1971) и утилизации норадреналина (G.Cassens e.a., 1981; R.Nakagawa e.a., 1981) в начальный период стрессовой реакции в гипоталамусе и других отделах мозга (С.А.Еремина, Е.И. Белякова, 1988). Однако при стрессе наблюдается снижение уровня норадреналина (J.V.Thurmond, S.J.Heisman, 1984), а в наших экспериментах отмечено его увеличение в головном мозге в начальный период воздействия ГМП, что может быть следствием преобладания синтеза этого биогенного амина над его утилизацией. Этот факт, а также кратковременность реакции САС на исследуемый раздражитель свидетельствуют об отличии наблюдаемых процессов от стресса. В наших экспериментах было обнаружено увеличение содержания гистамина в крови животных после воздействия ГМП в течение 30 минут.

Фазные изменения содержания гистамина в головном мозге наблюдались в период экспозиции в ГМП в течение 3 часов. Высказано мнение, что гистамин играет роль универсального пускового механизма - не специфиче-

ского стресс-раздражителя (S.H.Sawyer, 1955). Имеются данные о стимулировании гистамином активности САС (И.Л. Вайсфельд, Г.Н.Кассиль, 1981; G.Bornemisza e.a., 1955). Представленные данные позволяют предположить, что увеличение гистамина в крови под влиянием ГГМП могло оказать стимулирующее влияние на САС.

Дальнейшее развитие адаптационной реакции организма на ГГМП связано с включением ГГНС, выразившемся в увеличении уровня 11-ОКС в крови через 3 часа. По-видимому, активизацию ГГНС можно связать с повышением содержания катехоламинов и гистамина в крови животных в первый час после помещения в ГГМП, учитывая влияние этих веществ на центральные механизмы регуляции ГГНС (Я.И.Ажипа, 1979), что сопровождалось усилением утилизации адреналина, норадреналина и серотонина в головном мозге, а также фазными изменениями уровня гистамина, свидетельствующими об активизации его метаболизма в наших экспериментах (В.Н.Ельский, 1976; С.А.Еремина, Е.И.Белякова, 1988).

Причиной повышения активности ГГНС могла быть отмеченная в предыдущий период адаптации к ГГМП активизация САС. Известно, что адреналин, стимулирует секрецию АКТГ (J.H.Long, 1952; С.А.Еремина, Е.И.Белякова, 1988). При изучении динамики реакции организма на стрессорные воздействия обнаружено, что снижение уровня норадреналина в мозге предшествует выделению АКТГ в кровь (В.Г. Шалапина, 1976; А.М.Бару, 1969). Это подтверждает наши данные о корреляции между снижением концентрации адреналина и норадреналина в головном мозге во время воздействия ГГМП с одновременным увеличением уровня 11-ОКС в крови.

Имеются данные и об обратной связи, то есть об угнетении адренергической системы кортикостероидами (В.Г.Шалапина, В.В. Ракицкая, 1976), что может объяснить возвращение к норме содержания катехоламинов в крови и снижение их уровня в головном мозге в период активизации ГГНС.

Повышение содержания гистамина в крови в начальный период воздействия ГГМП также могло оказать стимулирующее влияние на ГГНС, поскольку возможность такого влияния подтверждается данными литературы (Т.Suzuki, e.a., 1963). При этом ряд исследователей объясняют описанный эффект влиянием гистамина на САС, а также опосредованном воздействии гистамина через ЦНС (Я.И. Ажипа, 1976).

Учитывая роль содержащегося в головном мозге гистамина в реализации пусковых механизмов активизации функции коры надпочечников, можно рассматривать процессы колебаний уровня гистамина в мозге и нарастания концентрации 11-ОКС в крови морских свинок во взаимосвязи как различные звенья единого процесса адаптации организма к ГГМП. Поскольку гистамин мозга расходуется при активизации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, его снижение через час после начала воздейст-

вия ГГМП можно связать с последующим увеличением количества кортикостероидов в крови. Дальнейшее повышение концентрации гистамина в головном мозге может быть связано с переходом адаптационного процесса в новую фазу, при которой выделение кортикостероидов в кровь может снизиться, что и было обнаружено в наших экспериментах.

Необходимо отметить, что при воздействии сильных раздражителей, вызывающих стрессовую реакцию, а также более интенсивных магнитных полей, уровень глюкокортикоидов увеличивается значительно быстрее, и превышает норму в несколько раз (Л.Х.Гаркави и соавт. 1977; В.В.Мороз, 1983) и сохраняется в течение нескольких суток.

Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что наблюдавшиеся нами при воздействии ГГМП процессы, являясь адаптационными, отличаются от стрессового ответа на сильные раздражители и по своему характеру близки к описанной Л.Х.Гаркави и соавт. (1977) не специфической реакции на слабые раздражители, названной авторами реакцией тренировки. Для нее характерно постепенное развитие охранительного торможения в ЦНС (П.В.Симонов, 1962) и снижение возбудимости эндокринной системы (Л.Х.Гаркави и соавт., 1977). Это согласуется с полученными нами данными о нормализации уровня биологически активных веществ в крови на 20 сутки пребывания в ГГМП и ИГМП.

В доступной нам литературе отсутствуют данные о динамике изменений состояния систем гуморальной регуляции после прекращения влияния ГГМП. В наших экспериментах реакции на воздействие и на прекращения воздействия (то есть на возвращение к нормальной интенсивности ГМП) имеют как черты сходства, так и существенные различия. Обе реакции характеризуются активизацией САС, выразившейся в увеличении уровня адреналина и норадреналина в крови. Однако если при помещении животных в гипомагнитную среду возрастание содержания катехоламинов в крови отмечалось уже через 30 минут, то при прекращении воздействия латентный период составлял 1 час. Указанный эффект не зависел от исходной концентрации биогенных аминов в крови в момент извлечения животных из ГГМП. Реакция освобождения гистамина и серотонина зависела от исходной фазы адаптации. После получасового пребывания в ГГМП уровень гистамина и серотонина в крови снижался на протяжении 1 часа с момента прекращения воздействия. При суточном воздействии ГГМП реакции указанных систем не наблюдалось. Аналогичные процессы отмечены также после прекращения воздействия ИГМП на животных в течение 35 суток.

Воздействие ряда физических факторов окружающей среды, особенно при низкой интенсивности, вызывает в организме скрытые изменения и, как правило, классические методические подходы не позволяют дать исчерпывающую оценку их неблагоприятного влияния. Эти скрытые изменения можно выявить, используя метод адекватной нагрузки на определенные

системы организма, которые участвуют в адаптации при воздействии физических факторов среды.

Так, М.Г.Шандала, Г.И.Виноградов (1978) исследовали влияние микроволнового излучения на иммунную систему крыс. После нормализации всех изменений, вызванных излучением, авторы воспроизводили у животных анафилактический шок, характер и тяжесть которого отличались у облученных и необлученных крыс, хотя иммунологические показатели их крови в этот момент не различались между собой.

Для углубленного исследования процессов, происходивших в организме при воздействии ГГМП мы использовали нагрузочный тест в виде анафилактического шока. Многократное периодическое воздействие ослабленного в 10 раз ГМП (11 сеансов по 3 часа) не вызвало изменений уровня исследованных гуморальных факторов в крови. Однако оно привело к скрытым изменениям состояния регулирующих систем.

Увеличение уровня адреналина и норадреналина в крови во время АШ было меньшим, чем у животных, не подвергавшихся воздействию ГГМП. Одновременно в надпочечниках животных опытной группы отмечено более значительное снижение содержания адреналина, чем в контроле. Представленные данные свидетельствуют об уменьшении резервных возможностей САС под влиянием многократного воздействия ГГМП. Нагрузка также выявила активизацию процессов освобождения гистамина. Обнаруженные изменения сопровождались увеличением смертности животных от шоковой реакции.

При постоянном пребывании животных в ГГМП и ИГМП не выявлено существенных изменений смертности от АШ и реакции исследованных регулирующих систем. Следовательно, многократное периодическое воздействие ГГМП привело к более выраженным сдвигам гуморальной регуляции по сравнению с ГГМП с мало меняющейся индукцией.

Полученные в наших исследованиях результаты находят подтверждение в данных литературы, свидетельствующих о более высокой биологической активности многократного действия ГГМП. Так, отмечены более выраженные изменения миелограм у крыс при многократном периодическом воздействии ослабленного в 172,5 раза ГМП в течение 3 месяцев по сравнению с постоянным пребыванием животных в гипомагнитной среде на протяжении такого же срока (В.В.Азаренко, Р.В.Смирнов, 1991).

Учитывая обнаруженную нами реакцию систем гормонально-медиаторной регуляции как на начало воздействия ГГМП, так и на его прекращение, имеющие определенные черты сходства, а также кратковременность этой реакции, быстрое возвращение гуморальных факторов к норме, можно объяснить эффект многократного воздействия ГГМП значительно большей нагрузкой на системы поддержания гомеостаза при периодическом

изменении величины ГМП, более активным развитием адаптационного процесса.

Использование дополнительной нагрузки в этот период позволило обнаружить скрытые изменения состояния регулирующих систем гуморальной регуляции. Многократное повторение трехчасовых воздействий ГГМП привело, по-видимому, к более выраженному снижению возбудимости САС и ГГНС, следствием чего могло стать угнетение реакции этих систем в условиях нагрузки в виде АШ. Подобная трактовка объясняет более выраженный биологический эффект многократного воздействия ГГМП по сравнению с постоянным пребыванием животных в этих условиях. Это согласуется с общеизвестным положением о более высокой биологической активности магнитных полей, характеризующихся пространственной и временной неоднородностью (Н.И.Музалевская, Г.Д.Шушков, 1978), - с изменениями величины во времени или неоднородностью, то есть наличием градиента индукции. Подтверждением этой закономерности является обнаруженная нами большая биологическая активность ИГМП по сравнению с ГГМП.

На 35 сутки опыта биологический эффект ИГМП оказался более выраженным по сравнению с ГГМП. Под влиянием ИГМП наблюдалось увеличение концентрации адреналина и снижение содержания гистамина в головном мозге, активизация САС и ГГНС, что выражалось в повышении концентрации адреналина и 11-ОКС при снижении уровня норадреналина и гистамина в крови. Под влиянием ГГМП в тот же срок наблюдалось только снижение уровня гистамина в головном мозге и крови без значительного вовлечения адренергической системы.

Таким образом, воздействие ГГМП вызывает кратковременную обратимую физиологическую адаптационную реакцию, выражающуюся в активизации симпато-адреналовой, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой систем. Значительные и частые изменения индукции ГМП приводят к более выраженным сдвигам гуморальной регуляции по сравнению с ГГМП с мало изменяющейся индукцией. Прекращение воздействия ГГМП вызывает новую адаптационную реакцию в виде повышения активности симпато-адреналовой системы с большим латентным периодом, чем при помещении животных в ГГМП. Длительное воздействие ГГМП и ИГМП приводит к уменьшению резервных возможностей симпато-адреналовой системы, выявляемых в условиях нагрузки.

В отличие от ГГМП и ИГМП, другие исследованные в нашей работе физические факторы окружающей среды являются достаточно сильными раздражителями, вызывающими в ряде случаев стрессорную реакцию.

В литературе имеются многочисленные сведения об изменениях нейро-гуморальной регуляции организма под влиянием ПМП. Различные авторы отмечали активную реакцию ГГНС (Л.Х.Гаркави и соавт., 1977; И.Д.Слободянюк, 1993), САС (С.А.Сахарова, 1975), серотонинергической,

гетаминергической (В.И.Бабич, 1974), холинергической (И.А. Чернышевская, 1988) систем. Однако отсутствуют работы с использованием нагрузочных тестов, позволяющих выявить скрытые изменения состояния регулирующих систем организма, которые, как показано в наших исследованиях, играют определенную роль в реакции организма на ПМП.

В наших экспериментах однократное воздействие ПМП, значительно превышавшего по величине индукции естественный уровень (4,5 и 45 мТл), в течение 30 минут, вызвало фазные изменения состояния САС, ГГНС, серотонинергической и холинергической систем, продолжавшиеся в течение 20 суток, наиболее выраженные через 6 суток. Это проявлялось в волнообразных изменениях уровней адреналина, норадреналина, серотонина, 11-ОКС и АХЭ. Кроме того, выявлены латентные изменения состояния САС, ГГНС и серотонинергической системы, выражавшиеся в более активной их реакции в период развития АШ у животных, подвергавшихся воздействию ПМП.

После многократного воздействия ПМП с индукцией 45 мТл уровень исследованных гуморальных факторов в крови возвращался к норме, что может рассматриваться как свидетельство достижения адаптации регулирующих систем к действию магнитного поля. При этом обнаружено увеличение резервных возможностей САС, выражавшееся в двукратном увеличении выделения в кровь адреналина и норадреналина в условиях нагрузки в виде АШ, что сопровождалось угнетением шоковой реакции. Описанный эффект имеет фазный характер и проявляется через 1 и 11 суток после прекращения воздействия ПМП.

Хроническое (90 суточное) воздействие нормированного (10 мТл) ПМП вызвало обратимые морфологические изменения во всех зонах коры надпочечников, которые выражались в расширении капилляров, явлениях тканевого отека, вакуольной дистрофии, увеличении объема клеток, ядер, изменении взаимоотношений внутриклеточных структур, увеличении аскорбиновой кислоты в клетках, снижении активности СДГ при повышении активности ЛДГ.

Небольшое отклонение интегрального показателя на математических моделях во время воздействия нормированного ПМП и раннее его приближение к норме после воздействия фактора, отражало реактивный характер развивающихся процессов в коре надпочечников, а отсутствие деструктивных изменений и влияния на генетически важные структуры (стойкость показателей объема ядрышка, ядерно-ядрышковых отношений) свидетельствовали об отсутствии повреждающего действия на орган ПМП предельно допустимого уровня.

По величине коэффициентов влияния определены показатели, наиболее влияющие на морфофункциональное состояние коры надпочечников при воздействии ПМП различных параметров, которыми являлись: ширина



зоны, объем клеток, плазменно-ядерное отношение, активность СДГ и ЛДГ. Эти показатели могут использоваться для оценки морфофункционального состояния коры надпочечников в медико-биологических исследованиях.

Дополнительную информацию, позволяющую глубже проанализировать механизмы физиологической активности ГГМП и ИГМП, дало возможность выявить использование дополнительных нагрузочных тестов в виде комбинированного действия ГГМП и ИГМП с ЭМИ и ионизирующим излучением, а также с гипертермией.

В целях выявления возможных биоэффектов ГГШ и ИГМП нами были использованы функциональные нагрузки, с нашей точки зрения адекватные поставленной задаче. В качестве таковых были выбраны многократное воздействие ЭМИ (ППМ  $1 \text{ мВт/см}^2$ , 9 сеансов по 30 минут), гипертермии ( $50^\circ\text{C}$ , 9 сеансов по 30 минут) и однократное рентгеновское излучение в дозах 1, 2, 2,5 и 3,5 Гр.

В экспериментах по комбинированному действию ГГМП и ИГМП с ЭМИ наблюдался модифицирующий эффект. Воздействие ЭМИ вызвало у 50% животных угнетение АШ и характерных для этой реакции увеличения уровня адреналина, норадреналина и гистамина в крови. У погибших от АШ облученных морских свинок отмечено более значительное повышение концентрации гистамина и катехоламинов в крови, чем у необлученных в условиях той же нагрузки.

Следовательно, пребывание животных в течение 20 суток в ослабленном в 3 раза ГМП и ИГМП, не вызывая существенных изменений тяжести АШ и уровня исследуемых гуморальных факторов, модифицировало влияние ЭМИ на них. Это выразилось в угнетении резервных возможностей САС, проявлявшемся в виде менее значительного увеличения концентрации адреналина в крови в условиях нагрузки АШ по сравнению с реакцией на ту же нагрузку у облученных животных без предварительного воздействия ГГМП и ИГМП.

Выявлен радиомодифицирующий эффект ГГМП и ИГМП. Под влиянием ослабленного в 10 раз ГМП в течение 14 суток и ИГМП в течение 1 суток перед воздействием рентгеновского излучения в дозах 2, 2,5 и 3,5 Гр обнаружено снижение смертности животных на 7-10%. Действие тех же физических факторов на протяжении 3 часов после облучения привело к увеличению гибели животных на 20-25%.

Анализируя физиологический механизм изменения тяжести радиационного поражения животных ГГМП и ИГМП, необходимо отметить, что этот эффект не является специфическим свойством данного физического фактора. Многие воздействия на организм самого различного характера способны изменять его реакцию на ионизирующие излучения.

Так, имеются сведения о снижении тяжести лучевой болезни при многократном воздействии ультрафиолетового излучения перед ионизи-

рующим у крыс (Е.Г. Жук, 1958), морских свинок (Т.А.Свидерская и соавт., 1980), мышей и крыс (В.А.Барабой, 1968; 1977). В.Д.Абдуллаев (1964) установил, что применение ультрафиолетового излучения после рентгеновского в малых дозах (4 млн. эрг/см<sup>2</sup>) вызывало противоположный эффект. Механизм радиомодифицирующего действия ультрафиолетового излучения, по мнению авторов, связан с воздействием этого фактора на кроветворение (Г.С.Яцула, 1977; 1978), на процессы нейро-гуморальной регуляции (В.А.Барабой, 1968;). Это выражается в снижении реакции гиперкортицизма, изменений активности АХЭ, наблюдающихся под влиянием ионизирующего излучения.

Имеются также данные о радиомодифицирующих свойствах некоторых других физических факторов - микроволн (В.В.Антипов и соавт., 1975; Ю.Г.Григорьев и соавт., 1981), вибрации (Н.А.Гайдамакин и соавт., 1988), ускорений (Б.И.Давыдов, Н.А.Гайдамакин, 1971), лазерного излучения (И.Б.Лапрун, 1978), гипертермии (О.В. Молотков, 1977), ПМП (В.И.Шейн, 1975). Предварительное воздействие ионизирующего излучения в дозе 0,5-2,5 Гр увеличивало резистентность животных к последующему облучению (Н.Г.Даренская и соавт., 1968). По мнению П.Д.Горизонтова (1983), данное явление можно рассматривать как наличие стадии резистентности стрессовой реакции организма на облучение.

Согласно классификации, предложенной В.Д.Рогозкиным (1967), все известные противолучевые средства делятся на две группы. В первую входят средства химической защиты, способные предупреждать развитие некоторых первичных радиационно-химических и биохимических процессов в облученном организме. Ко второй группе относятся средства биологической защиты, повышающие общую сопротивляемость организма к различным экстремальным факторам путем изменения функции ЦНС, ГНС, иммунологической реактивности, способности клеток к пролиферации. К их числу относятся стимуляторы ЦНС, гормоны, акклиматизация к снижению содержания кислорода (Ю.Г.Григорьев, 1982). Эти средства активны как правило при многократном применении, при дозах, вызывающих гибель 30-80%, снижают ее на 10 - 50%. Учитывая наши данные об изменении резервных возможностей САС, ГНС под влиянием ГМП и ИГМП, можно предположить, что по механизму снижения тяжести радиационного поражения этот фактор близок ко второй группе средств.

П.Д.Горизонтовым и соавт. (1983) было показано, что радиорезистентность организма меняется в зависимости от стадий общего адаптационного синдрома.

Таким образом, экспериментальный материал, касающийся развития неспецифической резистентности организма при действии различных физических факторов среды, указывает на то, что стрессовые факторы оказывают разностороннее мобилизующее влияние на рефлекторные, нейроэндок-

ринные, иммунные механизмы и системы, обеспечивая повышение резистентности организма к различным условиям среды, включая и ионизирующую радиацию (Ю.Г. Григорьев, 1982)

Вероятно, в процессе многократного воздействия ГГМП и ИГМП происходит перестройка механизмов поддержания гомеостаза, подготавливающая организм к действию неблагоприятных факторов среды и способствующая уменьшению последствий такого воздействия. Вследствие этого облучение происходит на измененном биохимическом фоне, в частности, как было установлено в наших экспериментах, в условиях изменения резервных возможностей САС и ГГНС.

Для исследования реакции систем гуморальной регуляции организма в условиях комбинированного воздействия ИГМП и ионизирующего излучения была выбрана доза, близкая к минимально-смертельной - 1 Гр. Облучение вызвало у части животных угнетение АШ и характерного для этой реакции возрастания уровня гистамина в крови. Концентрация адреналина повышалась в большей степени, чем у необлученных животных. Экспозиция морских свинок в ИГМП в течение 6 суток после воздействия ионизирующего излучения вызвало угнетение резервных возможностей САС, что проявлялось в виде менее значительного увеличения содержания адреналина в крови в условиях нагрузки АШ по сравнению с реакцией на ту же нагрузку у облученных животных без предварительного воздействия ИГМП.

У несенсибилизированных животных пребывание в ИГМП в течение 20 суток не вызвало изменений уровня исследуемых гуморальных факторов в крови и надпочечнике. Тепловая нагрузка привела к возрастанию концентрации норадреналина и 11-ОКС. При комбинированном действии отмечено повышение содержания гистамина, 11-ОКС и снижение количества адреналина. Следовательно, тепловая нагрузка вызвала активизацию САС и ГГНС, а ИГМП, не оказывая влияния на состояние этих систем, модифицировало их реакцию в условиях тепловой нагрузки.

При АШ наблюдалось значительное увеличение концентрации адреналина, норадреналина и гистамина в крови морских свинок. Аналогичный результат отмечен у животных, подвергнутых воздействию ГГМП, Гипертермия вызвала угнетение шоковой реакции, что сопровождалось снижением концентрации гистамина и увеличением количества катехоламинов и 11-ОКС в крови. Обнаружено также повышение относительной массы надпочечников и снижение содержания адреналина в этой железе, ИГМП изменило характер развития АШ, вызывая увеличение смертности от шоковой реакции, повышение содержания гистамина в крови и угнетение САС и ГГНС. Это выразалось в более низкой концентрации адреналина, норадреналина и 11-ОКС в крови.

Кроме этого, в данной группе животных не выявлено увеличения относительной массы надпочечника и отмечено возрастание уровня адреналина в

ткани железы в условиях развития АШ. Следовательно, процесс развития адаптации к ИГМП на 20 сутки достиг стадии, характеризующейся при нормализации уровня гуморальных факторов в крови изменением резервных возможностей гуморальной регуляции. Это выражалось в нарушении формирования устойчивой адаптации к многократному воздействию гипертермии на фоне ИГМП, что проявлялось в угнетении САС и ГГНС, активизации освобождения гистамина в условиях нагрузки в виде АШ.

Как известно, реакция организма на раздражитель зависит от исходной фазы адаптации, имеющейся в момент его действия.

Поэтому в экспериментах по исследованию комбинированных эффектов, когда многократная тепловая нагрузка воспроизводилась на фоне предварительного длительного влияния ИГМП и, следовательно, пониженной чувствительности ЦНС и систем гуморальной регуляции, происходит нарушение закономерных процессов формирования устойчивой адаптации. Это выражалось в отсутствии характерного для изолированного действия гипертермии повышения относительной массы надпочечников, увеличения резервных возможностей САС и ГГНС, возникновения резистентности к АШ.

Аналогичные закономерности характерны и для комбинированного действия ГГМП и ИГМП с ионизирующим излучением и ЭМИ. Однако характер реакции зависел от специфических особенностей действия этих факторов.

Результаты исследования реакции организма с использованием нагрузки в виде АШ позволили выявить различия биологических эффектов изученных физических факторов.

Фаза устойчивой адаптации формировалась только при многократном изолированном воздействии факторов, вызывающих сильный физиологический эффект, близкий к стрессовому (ЭМИ, гипертермия, ПМП). Это выражалось в повышении неспецифической резистентности, которая проявлялась в угнетении АШ. Причиной этого, по-видимому, являлись активация симпато-адреналовой системы, усиление механизмов инактивации гистамина, а также, возможно, изменение чувствительности адренорецепторов и угнетение иммунной системы, наблюдающееся при стрессе (Ф.З. Меереон, М.Г. Пшенникова, 1988).

Подобная фаза адаптации не возникала при воздействиях, не вызывавших стрессовой реакции. Однократные воздействия указанных факторов, а также длительное и многократное действие ГГМП и ИГМП не приводившие к формированию устойчивой адаптации, не вызывали эффекта повышения резистентности к шоковой реакции (Рис. 1).



**Рис. 1. Предполагаемый механизм действия физических факторов среды**

Таким образом, воздействие ГГМП и ИГМП на организм имеет характер неспецифической адаптационной реакции, характерной для раздражителей малой интенсивности. Изолированное влияние ЭМИ, ПМП и гипертермии вызывает эффект, характерный для сильных раздражителей, что приводит при многократном воздействии к состоянию устойчивой адаптации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абеутова О.А., Сыздыков М.С., Снайдер В.Е., Носова Л.И., Шонина Т.В. // 8 Всес. симп. по физ. и биол. Баку, 2-4 окт., 1990: Тез. докл. Ч. I.- М., 1990.- С. 3 - 4.
2. Абдуллаев М.Д., Иванова М.С.- Материалы Всесоюзного симпозиума.-Баку, 1972.С.7-9.
3. Абрамов Л.И., Меркулова Л.М. Архив анатомии, гистологии и эмбриологии.- 1980.- № 11.- С.66-69.
4. Ажипа Я.И. Нервы желез внутренней секреции и медиаторы в регуляции эндокринных функций.- М,: Наука, 1976.- С.442.
5. Ажипа Я.И. // Физиология эндокринной системы.-Л.: Наука, 1979.- С.555-623.
6. Азаренко В.В., Смирнов Р.В. // Биологическое действие гипомангнитных полей: Тезисы Первого симпозиума,- Тбилиси, 1991,- С.11-13.
7. Акоев И.Г. // Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования: Сб. науч. тр.- Пушкино, 1988.- С.129-135.
8. Алексеев А.Г., Холодов Ю.А. // Электромагнитное загрязнение окружающей среды: Тез. докл. конф.- М.,1993.
9. Аминев Г.А., Ситкин М.И., Буторина Н.И., Зеленова Н.И. // Материалы совещания по изучению влияния магнитных полей на биологические объекты,- М., 1966, С.5.
10. Аминев Г.А., Аминева Р.И., Ситкин М.И. // Вопросы бионики.- М: Наука, 1967.- С.338-342.
11. Ананьев Л.М., Климентьева Н.А, // Материалы Всесоюзного симпозиума "Влияние искусственных магнитных полей на животные организмы",- Баку, 1972.- С.153.
12. Андрианкин Э.И., Дозморов И.М., Задонский Г.К., Чигарев Б.И. // Физика удара и волновая динамика,- М.: ВАГСМ, 1983.-С.194-200.
13. Андрианова Л.А. // Космич. биол. и авиакосмич.мед.- 1975.- т.9, № 5.- С.19-22.
14. Андрианова Л.А., Смирнова Н.П. // Космич.биол, и авиакосмич.мед.-, 1977.- т.11, № 1.- С.54-62,
15. Антипов В.В., Давыдов Б.И., Вериго В.В., Свиричев Ю.М. // Основы космической биологии и медицины: Т.2, кн.2.- М.: Наука, 1975.- С.241-267.
16. Бабич В.И. // Проблемы патологии в эксперименте и клинике.- Т.1.- М.: Медицина. 1974.- С.274-276.
17. Бабич В.И., Панасюк Е.Н., Щибря В.Н., Кит В.И. Влияние постоянного магнитного поля (ПМП) на рецепторы изолированного препарата подвздошной кишки морских свинок, подвергавшихся воздействию переменного

го магнитного поля (ПеМП) в гипогеомагнитной камере.- Львов, 1989,- 9 с. Деп. в УкрНИИНТИ 05.01.89 № 170-Ук 89 а.

18. Бабич В.И., Панасюк Е.Н., Кит В.И. Влияние гипогеомагнитного поля на периферические структуры гладкой мускулатуры тонкого кишечника,- Львов, 1989,- 9 с.- Деп. в УкрНИИНТИ 05,01.89 № 169-Ук 89б.

19. Бабич В.И., Панасюк Е.Н. // Биологическое действие гипогеомагнитных полей: Тезисы Первого симпозиума.- Тбилиси, 1991.- С.22-23.

20. Барабой В.А., : Всесоюзное совещание по биологическому действию ультрафиолетового излучения: Сочи, 1-5 октября 1966 г. Тезисы докладов.- М.: Наука, 1968.- С.48.

21. Барабой В.А., Исаенко В.И., Киричинский Б.Р., Працюк Л.И. Радиобиология, 1977, т.17, вып.6, с.920-923.

22. Бару А.М. // Физиология и биохимия биогенных аминов. М., 1969. С.64-70.

23. Белявская Н.А., Фомичева В.М., Говорун Р.Д., Данилов В.И. // Биологическое действие гипогеомагнитных полей: Тезисы Первого симпозиума,- Тбилиси, 1991,- С.27-29.

24. Бучаченко А.Л. Химическая поляризация электронов и ядер,- М.: Наука, 1974.- 246 с.

25. Вайсфельд И.Л., Кассиль Г.Н. Гистамин в биохимии и физиологии,- М.: Наука, 1961.- 278 с.

26. Василик-Паркулаб Ж.Б. // Солнце, электричество, жизнь,-М., 1972.- С.97-98.

27. Гайдамакин Н.А., Петрухин В.Г., Антипов В.В., Саксонов П.П., Шашков В.С. //Изв. АН СССР, серия биол., 1988, № 3, с.346-354.

28. Гак Е.З., Комаров Г.М., Гак М.З. // Реакция биологических систем на магнитные поля,- М.: Наука, 1978.- С.26-38.

29. Галантюк С.И. // Общие закономерности морфогенеза и регенерации: Тезисы У1 Укр. Респ. науч. конф. анатомов, гистологов, эмбриологов и топографических анатомов.- Тернополь, 1975.- С.54.

30. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма.- Ростов н/Д: Изд-во Ростов. ун-та, 1977.- 120 с.

31. Голобоцкий Н.К., Космолинский Ф.П., // Труды седьмых чтений, посвящ. разработке науч. наследия и развитию идей К.Э.Циолковского,- М.: 1973.- С.67-74.

32. Головацкий А.С., Сикора Д.И., Сикора С.И. // Применение магнитных полей в медицине, биологии и сельском хозяйстве.- Саратов: Изд-во Саратов, ун-та, 1978,- С.25-26.

33. Горизонтов П.Д., Белоусова О.И., Федотова М.И, Стресс и система крови.- М.: Медицина, 1983.- 240 с., ил.

34. Готовский Ю.В., Перов Ю.Ф. Электромагнитная безопасность в офисе и дома. М.: Наука, 1998. 176 с.

35. Григорьев Ю.Г., Степанов В.С., Батанов Г.В., Ватутин В.Д. // Радиобиология,- 1961.- т.21, вып.2,- С.269-293.
36. Григорьев Ю.Г. Космическая радиобиология.- М.: Энерго-атомиздат, 1982. 176 с.
37. Григорьев Ю.Г., Васюков Г.В., Нефедов А.Ю., Троицкий С.М. // Биологическое действие гипوماгнитных полей: Первый симпозиум: Тезисы,- Тбилиси, 1991.- С.33.
38. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Никонова К.В., Пальцев Ю.П., Степанов В.С., Тищенко В.А. // Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование: Тез. докл. Международ. совещ. М., 1998. с. 68.
39. Давыдов Б.И., Гайдамакин Н.А. В кн.: Проблемы космической биологии. Т.14,-М.: Наука, 1971, с.,7-25.
40. Даренская Н.Г., Кознова Л.Б., Акоев И.Г., Невская Г.Ф, Относительная биологическая активность излучений / Под ред. Домшлага М.Н,- М.: Атомиздат, 1968. с.257-322,
41. Дорфман Я.Г. // Биофизика,- 1962.-т.7, вып.6.- С.733-734.
42. Дорфман Я.Г. // Влияние магнитных полей на биологические объекты.- М.: Наука, 1971,- С.15-23.
43. Ельский В.Н. // Физиол.журн. СССР.- 1976,- Т.62, № 9.- С.1385-1389.
44. Ефименко Г.Д., Шакула А.В., Успенский В.М. // Космич. биол. и авиакосмич. мед.-1978.- № 4.- С.78-80.
45. Жданова Н.Л., Нужный В.Н. // Влияние магнитных полей на биологические объекты: Материалы третьего Всесоюзного симпозиума,- Калининград, 1975.- С.128-129.
46. Жук Е.Г. Гигиена и санитария, 1958, № 10, с.84-86.
47. Забродина Л.В. // Солнце, электричество, жизнь,- М.: 1989.- Т.2. С.56-59.
48. Забродина Л.В. // Исследования по геомагнитизму, аэрономии и физике Солнца,- М.: 1971.- Вып.17.-С.68.
49. Забродина Л.В. // Влияние искусственных магнитных полей на живые организмы: Матер. Всес. симпоз,- Баку, 1972.- С.163.
50. Загорская Ё.А., Климовицкий В.Я., Крынкина Ю.А., Дикун Л.В. // 4 Всес.конф. "Эндокрин. система организма и вред. факторы окруж. среды", 15-19 сент., 1991.-Тез. докл.-Л.: 1991.-С.91.
51. Квакии Е.Б., Арефьева Л.М., Уколова М.А. // Актуальные вопросы медицинской магнитобиологии: Межвузовский тематический сборник,- Саранск, 1977.- С.24.
52. Кленова Н.А. // Применение магнитных полей в клинике: Тезисы докладов Куйбышевской областной конференции,- Куйбышев, 1976.- С.45-46.



53. Климовская Л.Д., Смирнова Н.П. // Проблемы космической биологии, Т.37. - М.: Наука, 1978, - С.155-222.
54. Климовская Л.Д., Маслова А.Ф. // Космич. биол. и авиакосмич. мед. - 1981. - т.15, № 6. - С.74-76.
55. Климова Л.Д., Маслова А.Ф. // Космич. биол. и авиакосмич. мед, - 1982. - т.16, № 6. - С.71-73.
56. Козлова И.Н., Рогатых А.А., Сергеева Л.Л. // Материалы второго Всесоюзного совещания по изучению влияния магнитных полей на биологические объекты,- М.: 1969,-С.117.
57. Козымов П.П. // Физиология растений. - 1973, - № 20. С.5.
58. Копанев В.И., Шакула А.В. Влияние гипогеомагнитного поля на биологические объекты.-Л. : Наука, 1985.- С.73.
59. Носова И.П., Походзей Л.В. // Гигиена физических факторов окружающей и производственной среды: Тез. I Международ. симпоз,- Киев, 1993.- С.69-70.
60. Костиник И.М. // Влияние магнитных полей на биологические объекты: Матер. Всес. симпоз.- Калининград, 1975. - С.37.
61. Кошевой В.П., Перевозчиков Б.Г., Осипов Н.А., Слободянюк И.Л. Устройство для воздействия на биологические объекты магнитным полем. А. с. № 1553141. 1989.
62. Лакин Б.Ф. Биометрия.- М.: Высшая школа, 1990, - С.351.
63. Левина Р.В., Олимпиенко Т.В., Смирнов Р.В. // Биологическое действие гипомагнитных полей: Тезисы Первого симпозиума.- Тбилиси, 1991. - С.9-11.
64. Лапрус И.Б. //Радиобиология, 1978. вып.4. с. 628.
65. Лине де Барро Э.Г.П., Эскуивель Д.М.С.// Биогенный магнетит и магнорецепция. Новое о биомагнетизме: В 2-х т, Т.2: Пер. с англ./Под ред. Дж.Киршвинка, Д.Джонса, Б.Мак-Фаддена,- М.: Мир, 1989. - С.31-57.
66. Лукьянова С.Н. // Материалы совещания по изучению влияния магнитных полей на биологические объекты.- М.: 1988.- С.45.
67. Лукьянова С.Н. // Журн. высшей нервной деятельности.- 1967.- Т.17, № 4.- С.722.
68. Лукьянова С.Н. К анализу реакции ЦНС на ПМП: Автореф. дис. ... канд.биол.наук.- М.: 1970,- 24 с.
69. Мазер Д.Г. // Биогенный магнетит и магнорецепция. Т.2.-М.: Мир, 1989.- С.306-340.
70. Марсагишвили Г.А., Брегвадзе И.А., Сандодзе В.Я., Гвинадзе Н.Н., Гегенава Л.Г. // Биологическое действие гипомагнитных полей: Тезисы Первого симпозиума,- Тбилиси,1991.- С.13-14.
71. Марукян Т.Х., Карапетян Р.О. // Биол. Журнал Армении,- 1973.- Т.26, № 10. С.43-46.

72. Меерсон Ф.З., Пшениникова М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам.- М.: Медицина, 1968.-С.256.
73. Меркулова Л.М., Амосова В.В., Абрамов Л.М. // Физиология вегетативной нервной системы: Тезисы Всесоюзной конференции,-Куйбышев, 1979.- т.2.- С.26-27.
74. Меркулова Л.М. // Магнитобиология и магнитотерапия: Тез. Первого болгаро-советского симпоз.- София, 1989.- С.114.
75. Меркулова Л.М. // Радиобиология,- 1990.- Вып.2.- С,252-255.а.
76. Меркулова Л.М. Реакция нервной ткани крыс на быстро-переменное магнитное поле высокой интенсивности по критериям морфофункциональных изменений: Автореф. дис. ... докт. мед. наук,- Обнинск, 1990.- 39 с. б.
77. Мещеряков Ф.А., Лапин В.И. // Материалы третьего Всесоюзного симпозиума "Влияние магнитных полей на биологические объекты".- Калининград, 1975,- С.200,
78. Митина Т.В., Бабич В.И. // Биофизические аспекты загрязнения биосферы: Симпозиум 5-8 июня 1973 г.- М.: Наука, 1973.- С.99.
79. Молотков О.В. // Радиобиология, 1977.- т.17, вып.6.- С.913-915.
80. Мороз В.В. // Магнитное поле в медицине,- Фрунзе, 1974.- С.58-59.
81. Мороз В.В. Функциональное состояние гипофизарно-надпочечниковой системы при воздействии переменным магнитным полем: Автореф.дис. ... канд.биол.наук.- Томск, 1963.- 21 с.
82. Музалевская Н.И., Шушков Г.Д. // Реакция биологических систем на магнитные поля.- М.:Наука, 1978.- С. 199-209.
83. Насибулдин Б.А., Саур ВВ, Шапранов Р.А. Влияние гипогомагнитного поля на структуру печени- Одесский мед. ин-т.- Одесса, 1991.- 9 с. Деп. в УкрНИИНТИ І4.03.9І, № 344-Ук91.
84. Насибулдин Б.А., Шапранов Р.А. Изменения метаболической активности нейронов сенсомоторной коры головного мозга крыс при помещении их в условия гипогомагнитного поля,- Одесский мед. ин-т.- Одесса, 1990.- 11 с.- Дел. в УкрНИИНТИ 14.11.90 № 1854-У к 90.
85. Науменко Е.В. Центральная регуляция гипофизарно-надпочечникового комплекса.-Л.: Наука, 1971.- 205 с.
86. Нахильницкая З.Н., Мاستрюкова В.И., Андрианова Л.А. // Космическая биология.- 1978,- т.12, № 2.- С.74-76.
87. Непряхин Г.Г., Нефедов В.П. // Казанский медицинский журнал. Казань, 1975. С. 84-85.
88. Новицкий Ю.И. // Реакции биологических систем на магнитные поля.- М.: Наука, 1978.- С. 117-130.
89. Олигер Т.И. // Магнитное поле в медицине.- Фрунзе, 1974.- С.61-63.
90. Павлович С.А. // Физико-математические проблемы действия электромагнитных полей и ионизации воздуха,- М.: Наука, 1975.- Т.2.- С.123.

91. Павлович С.А. // Реакции биологических систем на магнитные поля,- М.: Наука, 1978.- С. 103 - 116.
92. Павлович С.А. Магниточувствительность и магнитовосприимчивость микроорганизмов.- Минск: Беларусь, 1981.- 56 с.
93. Панасюк Е.Н., Бабич В.И., Лыч О.С., Кит В.И. // Косм. биол. и авиакосмич. мед,- 1991.- т.25, № 3.- С.59-60.
94. Подковкин В.Г. Микромодификация метода определения 11-оксикортикостероидов. Деп. в ВИНТИ 4.7.1988 № 5348-В 88 (в)
95. Подковкин В.Г. Микрометод определения катехоламинов в крови и тканях мелких лабораторных животных. Деп. в ВИНТИ 4.7.1988 № 5349-В 88 (а)
96. Подковкин В.Г. // Морфогенез, реактивность, регенерация органов и тканей в норме и эксперименте.- Куйбышев, 1988, с.47-50. Сборник деп. в ВИНТИ 3.11.1988 № 7881-В 88 (б)
97. Подковкин В.Г. Определение активности ацетилхолинэстеразы в плазме и эритроцитах крови мелких лабораторных животных. Деп. в ВИНТИ 9.1.1992 № 86-В 92
98. Подковкин В.Г. Особенности гормонально-медиаторной регуляции организма в условиях изолированного и комбинированного действия различных неионизирующих факторов окружающей среды. Диссертация... докт. биол. наук.- Самара, 1994
99. Походзей Л.В. // Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование: Тез. докл. Международ. совещ. М., 1998. с.32.
100. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа.- М.: Наука, 1968.- 288 с.
101. Рогозкин В., Д. В кн.: Биологическое действие протонов высоких энергий: К оценке радиационной опасности космических полетов /Под ред. Григорьева Ю.Г.- М.: Атомиздат, 1967, с.4.
102. Рубцова Н.Б., Тихонова Г.И., Гурвич Е.Б. // Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование: Тез. докл. Международ. совещ. М., 1998. с. 63.
103. Рысканов Т.Т. Исследование реакций нервной системы экспериментальных животных на постоянное магнитное поле разной напряженности в условиях низкогогорья и высокогорья: Автореф. канд. дис.- Ашхабад, 1977.- 24 с.
104. Салей А.П. // Влияние магнитных полей на биологические объекты: Материалы третьего Всесоюзного симпозиума.- Калининград, 1975,- с.126.
105. Сандодзе В.Я., Микеладзе Д.Г., Портной В.Н. Раздольский А.С., Чоговадзе И.С., Баранова Т.В., Швец В.К. // Биологическое действие гипомангнитных полей: Тезисы Первого симпозиума.- Тбилиси, 1991.- С.7-9.

106. Сафронова В.Г., Утешев В.К., Черемис Н.К. // Биол.мембраны 1992., Т.9, № 10-11.- С.1164-1166.
107. Сафронова В.Г., Вараксина Г.С., Черемис Н.К. // Биол. мембраны.- 1992.- Т.9, № 10-11.- С.1169-1171. а.
108. Сахарова С.А. // Влияние магнитных полей на биологические объекты: Материалы третьего Всесоюзного симпозиума.- Калининград, 1975.- С.134-135.
109. Сванидзе И.К., Сандодзе В.Я., Дидимова Е.В., Чхиквадзе Т.И., Портной В.Н., Раздольский А.С. Биологическое действие гипомангнитных полей: Тезисы Первого симпозиума.- Тбилиси, 1991,- С.15-17.
110. Свидерская Т.А., Жук Е.Г., Филипсон И.Н. // Гигиена и санитария. 1980, № 2, с.27-34,
111. Срых М.М., Кленова Н.А., Мишина Н.В., Скрипичникова В.Г. // Сравнительная биохимия обмена веществ у животных: Межвузовский сборник - Куйбышев, 1980.-вып.1,- С.37-44.
112. Сетлоу В., Полард Э. Молекулярная биофизика,- М.: Мир, 1964.- 638 с.
113. Симонов П.В. Три фазы в реакциях организма на возрастающий стимул.- М.: Изд-во АН СССР, 1962.- 244 с.
114. Слободянюк И.Л., Захарченко М.П. Матер. Всес науч. конф. Пробл. мед. иммунобиотехнол., окт., 1988.-Л., 1990.- Со 141-142.
115. Слободянюк И.Л., Углова М.В., Макарова Т.В., Лядов В.Р. Морфофункциональное состояние коры надпочечников при воздействии постоянного магнитного поля по данным морфометрии,- Самара, 1991.- 13 с.- Деп. в ВИНТИ 16.07.91, № 3033-В 91.
116. Слободянюк И.Л., Лядов В.Р. // Эндокринная система организма и вредные факторы окружающей среды: 4 Всес. конф.: Тез. докл.-Л., 1991.- С.214.
117. Слободянюк И.Л., Углова М.В., Азиев С.А., Кузнецов М.И. // Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование: Тез. докл. Международ. совещ. М., 1998. с. 38.
118. Смирнов Р.В., Чулкова Г.Ф. // Биологическое действие гипомангнитных полей: Тезисы Первого симпозиума.- Тбилиси, 1991.- С.16-20.
119. Смирнова О.В., Смирнов Р.В. // Биологическое действие гипомангнитных полей: Тезисы Первого симпозиума,- Тбилиси, 1991,- С.17.-18.
120. Суворов Г.А., Пальцев Ю.П., Хунданов Л.Л., Рубцова Н.Б., Никонова К.В., Походзей Л.В. Неионизирующие электромагнитные излучения и поля. М.: Вооружение. Политика. Конверсия, 1998. 102 с.
121. Темурьянц Н.А., Грабовская Е.Ю., Малыгина В.И., Сиречко М.Д. // 4 Всес. конф. "Эндокрин. система организма и вред. факторы окруж. среды", 15-19 сент., 1991: Тез. докл.-Л., 1991.-С.226.

122. Токарский А.Ю., Рубцова Н.Б., Дикой В.П. // Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование: Тез. докл. Международ. совещ. М., 1998. с. 16.
123. Травкин М.П. // Реакции биологических систем на магнитные поля.- М.: Наука, 1978.- С.178-196.
124. Труханов К.А., Рябова Т.Я., Морозов Д.Х. Активная защита космических кораблей.- М.: Атомиздат, 1970.- С.232.
125. Углов Б.А., Котельников Г.П., Углова М.В. Основы статистического анализа и математического моделирования в медико-биологических исследованиях. Самара, 1994. 68 с.
126. Удинцев Н.А., Мороз В.В. // Бюлл. эксперим.биол. и мед.- 1974.- Т.77, № 6.- С.51-53.
127. Удинцев Н.А., Мороз В.В. // Патологическая физиол. и эксперим. терапия., 1976.- № 6.- С.72-74.
128. Уколова М.А., Квакина Е.Б., Квакин С.Д., Котряревская Е.С., Серебрякова Л.А., Арефьева Л.М. // Гигиеническая оценка магнитных полей: Мат. симпоз.-М.: 1972.- С.56-59.
129. Узбб Л. Ингибиторы ферментов и метаболизма.- М.- Мир, 1966.- С.662.
130. Фомичева В.М. , Белявская Н.А., Говорун Р.Д., Данилов В.И. // Биологическое действие гипомангнитных полей: Тезисы Первого симпозиума.- Тбилиси, 1991.- С.29-32.
131. Фролов Ю.П. Математические методы в биологии. ЭВМ и программирование. Самара: Самарский ун-т, 1996. 265 с.
132. Холодов Ю.А., Веревкина Г.Л. // Биология Белого моря: Труды Беломорской биостанции МГУ.- Т.1.- М.: Изд-во МГУ, 1962.- С.248-259.
133. Холодов Ю.В. Влияние электромагнитных и магнитных полей на центральную нервную систему.- М.: -Наука, 1966.- С.283.
134. Холодов Ю.А. // Влияние магнитных полей на нервную систему.- М.: Наука, 1971.- С.124-148.
135. Холодов Ю.А. // Влияние искусственных магнитных полей на живые организмы.- Баку. 1972.- С.209-210.
136. Холодов Ю.А. Реакция нервной системы на электромагнитные поля.- М.: Наука, 1975.- С.207.
137. Холодов Ю.А. Минутя органы чувств? - М.: Знание, 1991.- 64 с.
138. Холодов Ю.А. // Семинар "Электромагнитные поля и человек": Тезисы пленарных докладов.- Самара, 1992.- С.11-12.
139. Холодов Ю.А. // Электромагнитное загрязнение окружающей среды: Тез. докл. конф.- С.- Пб., 1993.- С.41-42.а.
140. Холодов Ю.А. // Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование: Тез. докл. Международ. совещ. М., 1998. с.22.

141. Червинец В.М. // Материалы третьего Всес. симпоз. "Влияние магнитных полей на биологические объекты",- Калининград, 1975.- С.54.
142. Чернышевская И.А. // Проблемы электромагнитной нейробиологии.- М.: Наука, 1988.- С.31-41.
143. Шакула А.В., Галеев И.Ш. // Космическая биология и авиакосмическая медицина,- 1979.- № 4.- С.87.
144. Шалапина В.Г. // Гипофизарно-адреналовая система и мозг. Л.: 1976.- С.49-67.
145. Шалапина В.Г., Ракицкая В.В. // Гипофизарно-адреналовая система и мозг. Л.: 1976.-С.67-67.
146. Шандала М.Г. // Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование: Тез. докл. Международ. совещ. М., 1998. с.13.
147. Шапранов Р.А., Насибулин Б.А., Розанов В.А. // Гигиена физических факторов окружающей и производственной среды: Тез. I Междунар. симпоз.- Киев, 1993.- С.27-28.
148. Шрагер Л.Н. // Материалы третьего Всес. симпоз. "Влияние магнитных полей на биологические объекты",- Калининград, 1975.- С. 194.-195.
149. Шандала М.Г., Виноградов Г.И. Гигиена и санитария,- 1978,- № 10.- С.34-38.
150. Шейн В.И. // Влияние магнитных полей на биологические объекты: Мат. третьего Всес.Симпоз. Калининград, 1975.- С.223-224.
151. Шуст И.В., Костиник И.М. // Проблемы эндокринологии.- 1976.- Т. XXII, № 2.- С.86-91.
152. Шуст И.В., Костиник И.М. // Применение магнитных полей в клинике: Тезисы докладов Куйбышевской областной конференции.- Куйбышев, 1976,- С.163-165вб.
153. Шуст И.В., Костиник И.М., Стасюк Г.А. // Экспериментальная и клиническая радиология: Республиканский междуведомственный сборник, вып.13. Киев: Здоров'я, 1978.- С.35-39.
154. Яцула Г.С. Гигиена и санитария,- 1977.- № 9.- С.95-97.
155. Яцула Г.С. Гигиена и санитария.- 1978.- № 2.- С.48-52.
156. Adey W.R. // Ann. N.Y., Acad.Scl.-1975.- vol.247.- p.15-21.
157. Adey W.R // Biological coherence and response to external stimuli / Ed. Frohllch H. Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 1988.- p.97.
158. Adey W.R. // Springer Series In Brain 2, Dynamics 2 / Ed. Bisar F.- Berlin, 1989.- p.48.
159. Arendse M.G. // Nature.- 1978.- Vol.274.- p.358-362.
160. Arendse M.C., Barendregt A. // Phlsol. Entomol.- 1981.- Vol.6.- p.333-342.
161. Arendse M.C., Kruyswijk C.J. // Neth. J. Sea Res.-1981.- Vol.15.- p.23-32.

162. Asashlma M., Shimada K., Pflaffer C.J // Bioelectromagnetlcs.- 1991.- №12.- p.215-224.
163. Balkwill D.L., Maratea D., Blackemare R.P. // J. Bacteriol.- 1980.- Vol.141.- p.1399-1408.
164. Beisher D.E., Miller E.P. // HSAM - 823.- Pensacola, Fla.: Naval School of Aviation Med.- 1962.- p.38-42.
165. Beisher D.E., Miller E.F., Knepton J.C. // NASA - NAMI - 1013. Pensacola, Fla.: Naval Aerospace Medical Inst., 1967.- p.1018.
166. Blakemore P.P., Frankel R.B., Kalmijn A.J. // Nature.- 1981.- Vol.286.- p.384-385.
167. Blackman G.F., Benane S.L., Rablnovtz J.R., House D.E., Jolnes W.T. // Bioelectromagnetlcs.- 1985.- v.6.- p.327-337.
168. Bornemisza G., Csalay L. et al. // Acta med. Acad. Sci. hung.- 1955.- k. 8,2.-old.187.
169. Busby D.E. // Prep. under contract No NASr - 115 by Lovelace found for med education and research, Albuquerque, N. Mex. Washington.- 1967.- 57 p.
170. Busby D.E. // Space life sciences.- 1968.- V.1.- № 1.- p.23-63.
171. Cassens G. e.a // Behav. Brain. Res.- 1981.- vol.2. №3.-p.387-407.
172. Conley Ch.C. // Biological effects of magnetic fields.- Y.-J.: Plenum press, 1969.- J.2.- p. 29-51.
173. Conley Ch.C., Malls M.S., Cook P.A. // III Intern. Blomagn. Sympos. Chicago,1966.- p.30-31.
174. De Carll D.N., Castro-Vasquez A. // J.Endocrinol.- 1971.- vol.50, X3.- p.541-545.
175. Doeva A.N., Kalabecov A.K., Khetagurova U.A. // J. Bloelec.- 1990.- V. 9.- №1.- p.109.
176. Friedman H., Becker P.O., Backman C.H. // Nature. - 1967. - V. 213.- p.949-956.
177. Frohllch H., Kremer F. Coherent Exitatlons In biological Systems // Berlin: Sprlnger-Verlag, 1983.- 121 P.
178. Gould J.L., Kirschvink J.L., Deffeyes K.S. // Science, 1978.- Vol.201.- p.1026-1028.
179. Hadjan A.J., Guldicell G., Chambas E.M. // Blochlm. et. Blophys. - Acta.- 1982.- Vol.714.- №1.-p.157-163.
180. Halpern B.N. // Arch. Intern. Pharmacodyn. Ther.- 1952.- Vol.68.- p.408-411.
181. Hirose T., Matsumoto I., Suzuki T. // Neuroendocrinology, 1976.- Vol.21.№4.- p.304-309.
182. Jafary-Asl A.H. Solanski S.N., Aarholt E., Smith G.W. // J. Blol Physics.- 1983.- Vol.11.- P.15-22.
183. Kalmijn A.J. In:Animal Migration, Navigation and Homing (K Schmidt-koenig and W.T.Keeton, eds).- Berlin: Sprlnger-Verlag,1978.- p.347-353.

184. Keeton W.T. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA.-1971.-Vol.68.-p.102-106.
185. Kurzmann E., Pelyne I., Meszaros I. // Europ. Blophys. Congr.- Vol.5.- Vienna, 1971.- p. 273.
186. Lindauer M., Martin H. // Z. Vgl. Physiol.- 1968.- V.60.- S.219-243.
187. Lindauer M., Martin H. // Animal Orientation and navigation (S.R.Galler,K. Schmldt-Koenig, G.J.Jacobs, R.E.Belleville, eds.),NASA SP-262, U.S.Government Printing Office, Washngfton, D.C.-1972.- p.559-567.
188. Long G.N.H. // Rec. Prog. Horm. Res.- 1952.- vol.7.- p.75-97.
189. Lowenstam H.A. // Geol. Soc.Am. Bull.-1962.- Vol.73.- p.435-438.
190. Mather J.G., Backer R.R. // Nature.-1981.- Vol.284.- p.259-262.
191. Mather J.G., Backer R.R., Kennaugh J.H. // Eos, Trans. Am. Geophys. Union.- 1982.- Vol.63.- p.156.
192. Nakagawa R., e.a. // Pharmacol. Blochem. and Behav. - 1981.- Vol.14, № 5.- p.729-732.
193. Nyback H., Sedvall G. //Europ. J. Pharmacol.-1970.-Vol.10.-p.193-205.
194. Quinn T.P. // J. Comp.Physiol.,A.- 1980.- Vol.137.- p.243-248.
195. Quinn T.P., Merril R.T., Brannon E.L. // J.Exp.Zool.- 1981.-Vol.217.- p.137-142.
196. Quinn T.P., Brannon E.I. // J. Gomp.Physiol. - 1982. - Vol.147.- p.547-552.
197. Sawyer C.H. // Amer.J.Physiol.- 1955.-vol.180.- p.37-49.
198. Sittler O.D. // III International Blomagnetic Symposium.- Chicago, 1966.-p.34-35.
199. Smith S.D., MC Geod B.R., Liboff A.R., Cooksey K. // Bloelectromagnetlcs.- 1987.- v.8.- p.215-227.
200. Suzuki T., Hiral K., Yoshio H. et.al. // Am.J.Physiol. - 1963. - vol.204.-p.847-851.
201. Thierry A.M. e.a. // J. Neurochem.- 1971.- vol.18.- p.449-461.
202. Thomas J.R., Schrot J., Liboff A.R. // Bloelectromagnetlcs.- 1986.- v.7.- p.349-357.
203. Thuromond J.B., Helshman S.J. // Behav. Neurosci. - 1984. - vol.98, № 3.- p.506-517.
204. Valentnuzzi M. // Bull. Math. Blophys. Spec.Issue. - 1965. -vol.27.- p.203-205.
205. Walcott C. // J. Exp. Biol.- 1977.-Vol.70.- p.105-123.
206. Walcott C., Gould J.L., Kirschvink J.L. // Science. - 1979. - Vol.205.- p.1027-1029.
207. Wever R. // Ztschr. Verg. Phlsiol.- 1967.- Bd. 56, Nr.2.-s.111.
208. Young W. // Biological effects of magnetic fields / Barnothy M.F. (Ed.).- New-York: Plenum Press, 1969.-vol.2.- p. 79-102.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА I. Современные представления о биологических эффектах электромагнитных полей и механизмах их действия .....	6
ГЛАВА II. Материалы и методы исследований .....	15
ГЛАВА III. Особенности гуморальной регуляции в условиях воздействия ГГМП и ИГМП .....	21
ГЛАВА IV. Особенности гуморальной регуляции в условиях воздействия ПМП .....	49
ГЛАВА V. Особенности гуморальной регуляции в условиях комбинированного воздействия физических факторов окружающей среды .....	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	82
ЛИТЕРАТУРА .....	94

×

**В.Г. Подковкин, И.Л. Слободянюк, М.В. Углова**

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
НА СИСТЕМЫ ГОМЕОСТАЗА**

**Редактор Е.А.Краснова  
Компьютерная верстка, макет Т.В.Кондратьева**

ЛР № 020316 от 04.12.96. Подписано в печать 22.06.00. Формат 60×84/16. Бумага офсетная  
Печать офсетная Усл.-печ л. 6,28; уч.-изд. л. 6,75. Гарнитура Times New Roman  
Тираж 500 экз. С.25. Заказ № 1386.  
Издательство «Самарский университет», 443011, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.  
ОАО «ПО СамВен», 443099, г. Самара, ул. Венцека, 60.