

УДК 591.18: 615.849.11

**ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ НА ВЗАИМОСВЯЗЬ ИНФРАДИАННОЙ
РИТМИКИ БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КРЫС С ВАРИАЦИЯМИ
ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р., Григорьев П.Е., Чуян Е.В.

Одной из фундаментальных проблем современного естествознания является поиск биофизических механизмов влияния на биологические объекты и биосферу в целом природных электромагнитных полей (ЭМП), связанных с гелиогеофизическими (ГГФ) вариациями. По мнению А.С. Пресмана (1968), в пространственной и временной (синхронизации ритмов) самоорганизации живой природы основополагающую роль играют ЭМП среды обитания как носитель управляющих сигналов [1]. Причем важнейшую роль в этих процессах играют ЭМП фонового (реликтового) происхождения. В настоящее время доказано, что с ГГФ параметрами коррелируют различные функциональные показатели организма, цикличность эпидемий и смертности [2, 3]. На роль действующего на биосистемы фактора космической погоды выдвигали инфразвуковые колебания атмосферы, концентрации радона, нейтронов в приземном слое, магнитных полей сверхнизких частот и т.д. [4]. Следует подчеркнуть, что до настоящего времени мониторинг вариаций и спектрального состава природных ЭМП практически отсутствует. Вместе с тем, в исследованиях С.В. Авакяна (2005) на основе анализа пространственно-временных характеристик нескольких тысяч геомагнитных всплесков обнаружено, что частота и сила возрастания мощности радиоизлучения ионосферы коррелируют с изменением площади солнечных пятен, особенно с продолжительными хромосферными рентгеновскими вспышками на Солнце и полярными сияниями, включая периоды рекуррентных возрастаний солнечной активности (СА) [5]. В работе Г. Дюшоссуа (1986) показано наличие у ионосферы и верхней атмосферы Земли микроволнового излучения, при этом все это излучение (начиная с длины волны $\lambda \approx 0,8$ мм и более) свободно проникает в нижнюю атмосферу до земной поверхности [6]. Увеличение интенсивности микроволнового излучения (существенное превышение над фоном) прямо коррелирует как с СА, особенно со вспышками, так и с геомагнитными бурями. В связи с этим необходимо отметить, что в соответствие с новейшими радиофизическими измерениями в астрономии максимум реликтового ЭМП приходится на миллиметровый диапазон длин волн [7]. Это обстоятельство может быть решающим в проявлении биологической эффективности микроволнового излучения.

В наших предыдущих исследованиях [8] были изложены доказательства того, что при воздействии электромагнитного излучения (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ) на животных изменяется исходная временная организация болевой чувствительности животных в ультра-, цирка- и инфранианном диапазонах, однако эти эксперименты проводились на фоне постоянного ЭМП Земли, в связи с чем естественно предположить, что зарегистрированные биологические эффекты ЭМИ КВЧ могут быть вызваны воздействием комбинированного ЭМИ естественного и искусственного происхождения. При этом связи ритмических процессов болевой чувствительности животных с ГГФ факторами при воздействии ЭМИ КВЧ не изучены.

В связи с этим целью данного исследования явилось выявление закономерностей связи многодневной динамики болевой чувствительности животных с вариациями ГГФ факторов и изменение этой связи при воздействии искусственного ЭМИ КВЧ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на взрослых белых крысах-самцах линии Вистар массой 180-220 грамм, полученных из питомника научно-исследовательского института биологии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Для экспериментов отбирали животных со средним уровнем двигательной активности и низкой эмоциональностью, определяемых в тесте «открытого поля», которые, согласно нашим [9] и литературным [10] данным, преобладают в популяции, поэтому можно утверждать, что именно у этих животных развивается наиболее типичная реакция на любое воздействие.

Экспериментальных животных разделили на две равноценных групп по 10 особей в каждой. У крыс всех болевой стресс моделировали тесте электростимуляции (ТЭС) [8]. Животные первой группы (ТЭС) подвергались изолированному действию болевого фактора. Крыс второй группы (КВЧ+ТЭС) непосредственно перед болевым тестом подвергали превентивному воздействию ЭМИ КВЧ (длина волны – 7,1 мм, плотность потока мощности– 0,1 мВт/см², локализация воздействия – затылочно-воротниковую область, экспозиция – 30 минут). В данном тесте определяли болевой порог (БП) (в вольтах) ежедневно с 8⁰⁰ до 11⁰⁰ часов в течение 40 суток эксперимента.

Далее был проведен сравнительный анализ динамики БП у крыс, подвергнутых изолированному (ТЭС) и комбинированному с воздействием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (КВЧ+ТЭС) действию болевого фактора со значениями Ар-индекса геомагнитной активности (ГМА) и индексом «числа Вольфа» (W) СА. Данные были получены на сайте <ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/stp>.

Продолжительность периодов и амплитудно-фазовые характеристики данных показателей рассчитывались с помощью косинор-анализа, который является методом исследования спектральных характеристик временных рядов небольшой длины, но при этом дает полное представление о структуре физиологических ритмов и обеспечивает сопоставимость с другими методами [11].

Для использования методов статистической обработки суточные значения Ар-индекса ГМА и индекса «числа Вольфа» (W) СА были приведены к нормальному

распределению. Как было показано ранее [12], это возможно при следующих преобразованиях значений индексов:

$$Ap_{\text{норм}} = \ln(Ap + 1); \quad W_{\text{норм}} = \sqrt{W + 1}.$$

Нормализованные индексы имеют тот же физический смысл, при этом более чувствительны к небольшим изменениям величин. Далее проводился кросскорреляционный анализ связи динамики напряжений и токов, соответствующих БП с ГМА и СА [13]. Использовались сглаженные ряды значений для уменьшения вклада стохастических или короткопериодических флуктуаций в величину связи. Сглаживание проводилось методом гауссова окна (Gaussian Window method). Размер гауссова окна был взят равным 5 точкам, а его стандартное отклонение 0,65.

Эксперименты проводились с соблюдением принципов «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, которые используются для экспериментальных и других научных целей» (Страсбург, 18 марта 1986 года), Постановления первого национального конгресса по биоэтике (Киев, 2001) и Законом Украины №3447–IV «Про захист тварин від жорстокого поводження», принятого 21 февраля 2006 года.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты косинор-анализа, в спектрах инфранианной ритмики БП в ТЭС животных и инфранианной ритмики ГГФ индексов за время проведения эксперимента наблюдалось значительное количество совпадающих или близких периодов: $\approx 3^{\text{д}},5$; $\approx 5^{\text{д}},0$; $\approx 7^{\text{д}},0$; $\approx 9^{\text{д}},0$; $\approx 11^{\text{д}},0$ и $\approx 22^{\text{д}},0$. Полученные данные согласуются с результатами исследований других авторов [2, 3] и являются подтверждением того, что к внешним синхронизаторам биологических ритмов можно отнести гелиогеомагнитные ритмы, имеющие разные периоды: собственного вращения Солнца и орбитального вращения Луны (около 28 дней), гармоник и субгармоник геомагнитного поля (около 3,5; 7,0 и 14,0 дней). Эти ритмы природных ЭМП сыграли, по-видимому, важную роль в формировании инфранианной ритмики физиологических показателей живых организмов и интегрировались в эндогенную ритмику биологических систем [14]. Так, например, ритмы обострения ряда заболеваний, отторжения трансплантатов после операций по пересадке органов и тканей имеют периоды около 7, 14, 28 дней [2, 3].

Динамики БП у крыс, подвергнутых изолированному (ТЭС) и комбинированному с КВЧ-воздействием (КВЧ+ТЭС) действию болевого фактора и индексов ГМА и СА имели определенную степень сходства (рис. 1, 2). При этом наблюдается более выраженное сходство ритмики нормализованного Ар-индекса (показателя ГМА) с ритмикой БП у крыс, подвергнутых только действию болевого стресса.

Кросскорреляционный анализ подтвердил эти результаты (рис. 3 –А). При этом значимая положительная корреляция ($r=0,36$, $p<0,024$) наблюдалась при отсутствии смещения динамики БП у животных контрольной группы (ТЭС) относительно ГМА. В группе животных, подвергнутых предварительному воздействию ЭМИ КВЧ, значимых корреляций БП с Ар-индексом не выявлено (рис. 3 –Б).

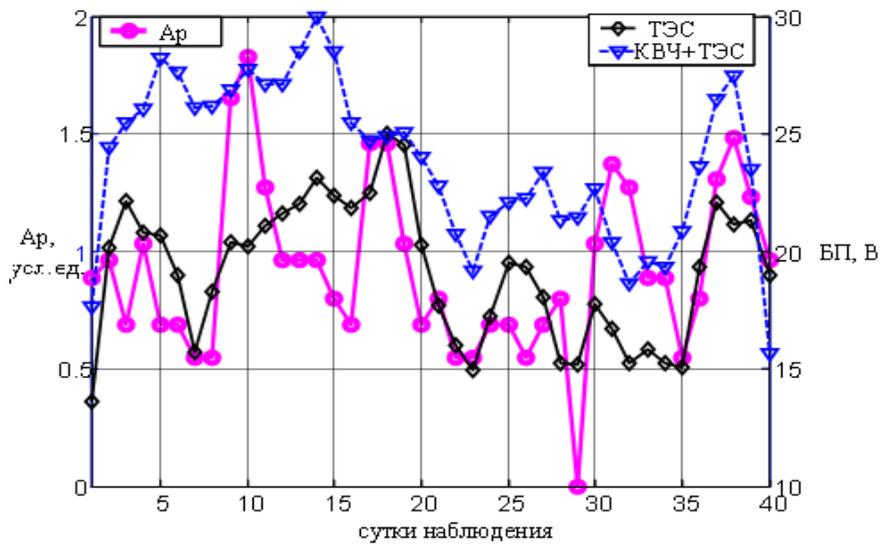


Рис. 1. Динамики величины болевого порога (в вольтах) у животных, подвергнутых изолированному (ТЭС) и комбинированному с воздействием ЭМИ КВЧ (КВЧ+ТЭС) действию болевого фактора в тесте электростимуляции и геомагнитной активности (нормализованный Ар-индекс) в течение 40 суток наблюдения.

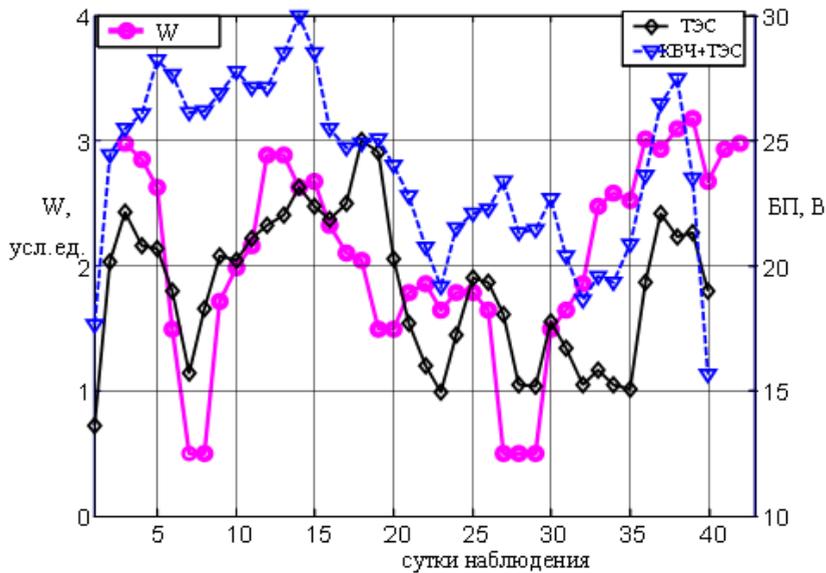


Рис. 2. Динамики величины болевого порога (в вольтах) у животных, подвергнутых изолированному (ТЭС) и комбинированному с воздействием ЭМИ КВЧ (КВЧ+ТЭС) действию болевого фактора в тесте электростимуляции и

солнечной активности (нормализованный индекс «числа Вольфа»(W)) в течение 40 суток наблюдения.

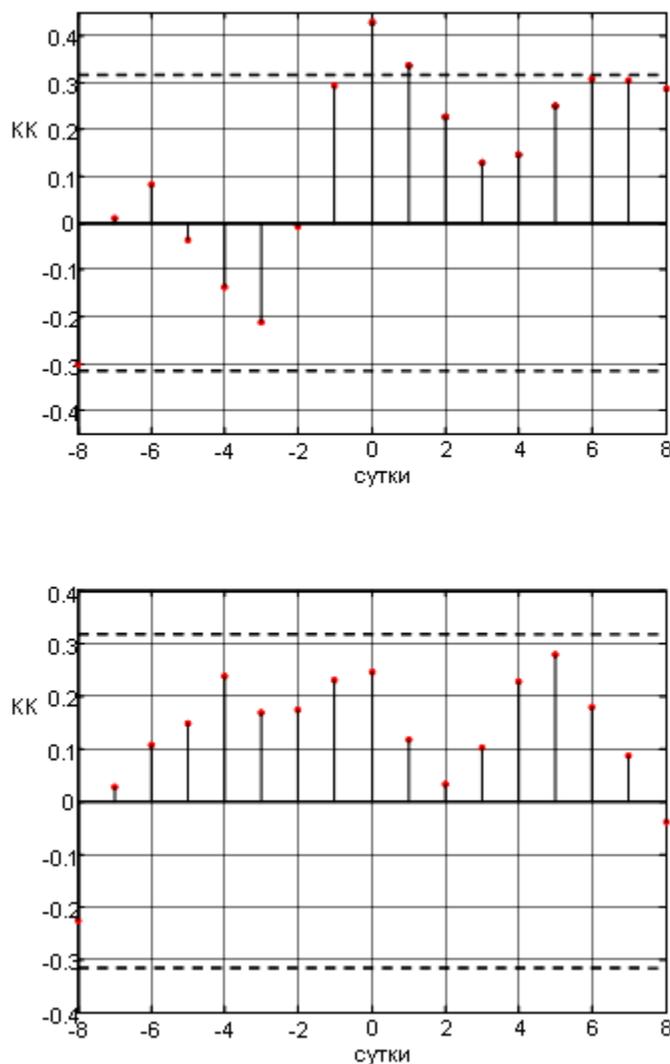


Рис. 3. Кросскорреляционный анализ динамики болевого порога у животных, подвергнутых изолированному (ТЭС) (А) и комбинированному с воздействием ЭМИ КВЧ (КВЧ+ТЭС) (Б) действию болевого фактора в тесте электростимуляции с геомагнитной активностью (нормализованный Ар-индекс). По осям ординат – коэффициент линейной корреляции (КК).

При сопоставлении динамики БП у животных исследуемых групп с индексом СА (W), смещенного на 2 суток отмечалось наибольшее сходство такого с ритмической составляющей болевой чувствительности у крыс, подвергнутых изолированному действию болевого фактора (рис. 2). Эти данные

подтверждаются кросскорреляционным анализом (рис. 3): значимая положительная связь индекса СА с динамикой БП у животных контрольной группы (ТЭС) выявлена при запаздывании БП на 2-3 суток относительно динамики индекса W ($r = 0,41$ $p < 0,012$); отрицательная корреляция ($r = 0,45$ $p < 0,05$) при опережении динамики БП на 7-8 суток относительно индекса СА (рис. 4 – А). При этом у животных, подвергнутых изолированному действию ЭМИ КВЧ и болевому стрессу значимых корреляционных связей БП с индексом W не зарегистрировано (рис. 4 – Б).

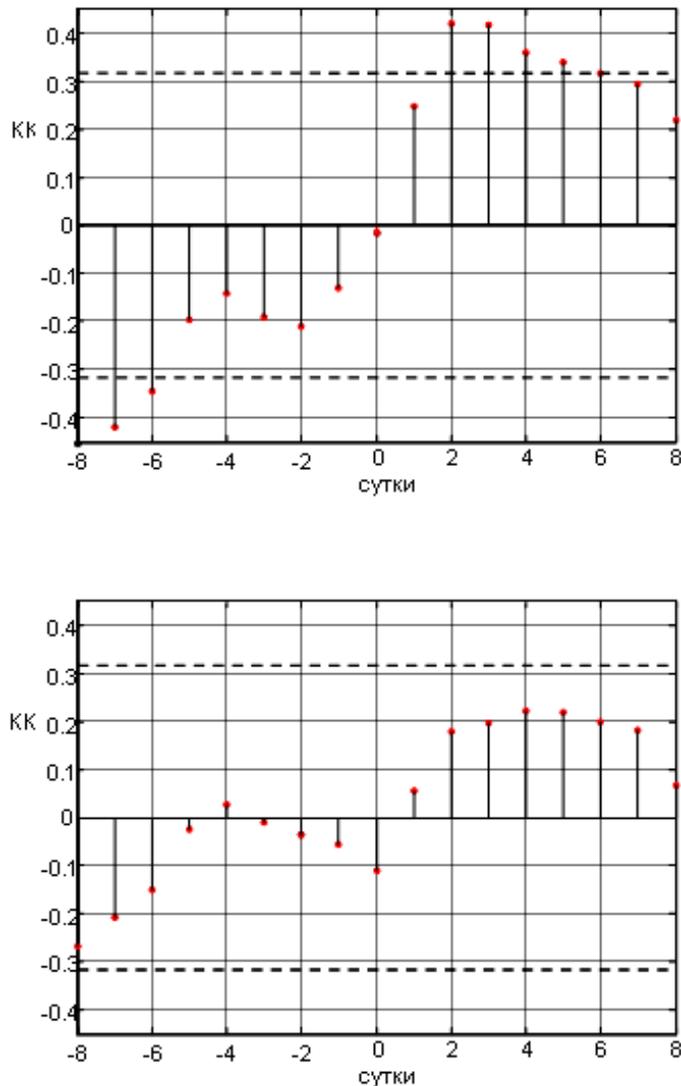


Рис. 4. Кросскорреляционный анализ динамики болевого порога у животных, подвергнутых изолированному (ТЭС) (А) и комбинированному с воздействием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты

(КВЧ+ТЭС) (Б) действию болевого фактора в тесте электростимуляции и солнечной активности (нормализованный индекс «числа Вольфа»(W)).

Известно, что воздействие раздражителей чрезвычайной силы, в том числе и болевых, приводит к развитию в организме общего адаптационного синдрома или стресс-реакции [15], которая сопровождается изменением временной организации физиологических систем, что свидетельствует о резком обострении внутренних противоречий и предшествует развитию патологических состояний с последующими информационными, энергетическими, обменными и структурными изменениями [16–18]. В частности, согласно современным представлениям, при различных патологических процессах наблюдается та или иная степень десинхроноза [19]. Изменение исходной периодичности при стрессе характеризуется не только нарушением постоянства периода, но и увеличением амплитуды колебательного процесса, изменением акрофазы, т.е. развитием десинхроноза [18].

Вместе с тем, как показали наши исследования, у крыс, находящихся в условиях болевой стресс-реакции, развитие внутреннего десинхроноза сопровождалось возникновением внешней синхронизации с ГГФ факторами, на что указывает тот факт, что динамика порога болевой чувствительности при болевой электростимуляции коррелирует с геомагнитной активностью «день в день», а с солнечной активностью – с запаздыванием на 2-3 суток. Данный факт может быть вызван тем, что организм «подстраивается» под внешний, естественный датчик времени. Отсюда становится понятным тот факт, что больные люди (любое заболевание вызывает в организме развитие стресс-реакции) обладают повышенной чувствительностью к вариациям ГГФ факторов [3, 20, 21].

Как было показано ранее [8] при болевых стрессах различной природы и продолжительности воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ оказывает корректирующее и синхронизирующее действие. Однако при воздействии ЭМИ КВЧ на организм на фоне внутренней синхронизации возникает выраженный внешний десинхроноз – нарушение синхронизации физиологических процессов с ГГФ факторами, что может быть связано с тем, что организм «переключается» на новый датчик времени – искусственное низкоинтенсивное ЭМИ, которое, по видимому, оказывает на организм более сильное синхронизирующее действие, чем природные ЭМП. Явление синхронизации ритмики физиологических процессов между собой и с внешними ритмозадающими факторами является фундаментальным свойством биологических систем. Для реализации синхронизации необходимо, чтобы осциллирующая система обладала внутренним источником энергии, за счет которого происходят автоколебания. Тогда при попадании частоты внешнего сигнала в область синхронизации будет происходить «захват» частоты внешнего сигнала внутренним ритмом биосистемы [22]. Следовательно, при воздействии искусственного ЭМИ КВЧ уменьшается величина связи ритмики физиологических процессов организма с вариациями природного ЭМП, а синхронизация физиологических процессов в инфраничном диапазоне осуществляется в большей степени низкоинтенсивным ЭМИ искусственного происхождения, чем естественного. При этом воздействие ЭМИ КВЧ увеличивает

толерантность организма к болевому фактору, одновременно уменьшая величину корреляции БП с ГМА и СА.

Таким образом, на фоне спокойной геомагнитной обстановки (среднее значение Ар-индекса 7,6) и при низкой СА (среднее значение «чисел Вольфа» 18,9) существует достоверная корреляционная связь БП с ГМА (Ар-индексом) «день в день», а с СА (W) – с запаздыванием БП относительно СА на 2-3 суток и опережением на 6-8 суток у животных контрольной группы, подвергнутых изолированному действию болевого стресса. К сожалению, без дополнительных экспериментов нельзя ответить на вопрос о том, какие факторы в большей степени влияют на физиологические показатели организма – крайненизкочастотные ЭМП, связанные с ГМА или ЭМП широкого спектра, связанные с СА, поскольку различные физиологические системы могут реагировать на действие физического фактора с различным временем запаздывания. При воздействии искусственного ЭМИ КВЧ увеличивается толерантность организма к болевому фактору, одновременно уменьшается величина связи БП с СА и ГМА.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что организм обладает способностью реагировать на ритмические вариации природного ЭМП. При этом воздействие ЭМИ КВЧ не просто изменяет временную организацию физиологических процессов, но и модифицирует влияние ГГФ факторами на болевую чувствительности. Результаты данной работы показывают целесообразность применения ЭМИ КВЧ для уменьшения неблагоприятных последствий действия космической погоды на организм.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены закономерности связи многодневной динамики болевой чувствительности животных в тесте электростимуляции с вариациями гелиогеофизических факторов, а также изменения этой связи при воздействии искусственного ЭМИ КВЧ.

2. На фоне спокойной геомагнитной обстановки и при низкой солнечной активности существует достоверная корреляционная связь болевого порога с геомагнитной активностью (Ар-индексом) «день в день», а с солнечной активностью (W) – с запаздыванием болевого порога относительно СА на 2-3 суток и опережением на 6-8 суток у животных, подвергнутых изолированному действию болевого стресса.

3. При воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ увеличивается толерантность организма к болевому фактору, одновременно уменьшается величина связи динамики болевого порога с геомагнитной и солнечной активностями.

Список литературы

1. Пресман А. С. Электромагнитные поля и живая природа. – М.: Наука, 1968. – 288 с.
2. Владимирский Б.М., Сидякин В.Г., Темурьянц Н.А. Космос и биологические ритмы. – Симферополь. - 1995. - 206 с.

3. Бреус Т.К., Рапопорт С.И. Магнитные бури: медико-биологические и геофизические аспекты. – М.: Советский спорт, 2003. – 192 с.
4. Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. Низкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. – Киев: Наукова думка, 1992. – 150 с.
5. Авакян С.В. Микроволновое излучение ионосферы как фактор воздействия солнечных вспышек и геомагнитных бурь на биосистемы // Оптический журнал. – 2005. – Т. 72, № 8. – С. 41-48.
6. Дюшоссуа Г. Дистанционная индикация из космоса. Достижения и перспективы в Европе // Импакт., 1986. – С. 88-107.
7. Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н. Миллиметровые волны и живые системы. – М.: Наука, 2004. – 272 с.
8. Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения: монография. – Симферополь: „ДИАЙПИ”, 2006. – 456 с.
9. Чуян Е.Н. Влияние миллиметровых волн нетепловой интенсивности на развитие гипокINETического стресса у крыс с различными индивидуальными особенностями: Автореф. дис... канд. биол. наук / СГУ. – Симферополь, 1992. – 25 с.
10. Сантана Вега Л. Роль индивидуальных особенностей двигательной активности в развитии гипокINETического стресса у крыс.: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / СГУ. – Симферополь, 1991. – 21 с.
11. Емельянов И.П. Формы колебания в биоритмологии. - Новосибирск: Наука, 1976. –127 с.
12. Григорьев П.Е. Связь инфранианной ритмики физиологических процессов у животных с вариациями гелиогеофизических факторов: Автореф. дисс.... канд. биол. наук: 03.00.13 / ТНУ. – Симферополь, 2006. – 20 с.
13. Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных. Учебное пособие. – СПб.: Речь, 2004. – 392 с.
14. Halberg F., Breus T.K., Cornelissen G. Chronobiology in Space. – Minnesota University Medtronic Seminar. – Series №1. – Desember. – Minnessota. – 1991. – Vol.13, N 12/1. – P.21.
15. Селье Г. Очерки об адапционном синдроме. – М.: Медицина, 1960. – 254 с.
16. Степанова С.И. Биоритмологические аспекты адаптации.- М.: Наука, 1986. - 241с.
17. Чибисов С.М. Интегральные взаимоотношения разнопериодических биоритмов сердца в норме и при их десинхронизации: Дис... д-ра мед. наук. – М., 1993. – 79 с.
18. Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.М., Шебзухов К.В. Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды. Монография. – М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 2002. – 232 с.
19. Ашофф Ю. Биологические ритмы. Т. 1. – М.: Мир, 1984. – 176 с.
20. Гуркинфель Ю.И., Любимов В.В., Ораевский В.Н. и др. Влияние геомагнитных возмущений на капиллярный кровоток. – Препринт ИЗМИРАН, 1994. – 256 с.
21. Ионова В.Т., Сазонова Е.А., Сергиенко Н.П. и др. Реакция организма человека на гелиогеофизические возмущения // Биофизика. – 2003. – Т. 48., № 2. – С. 380-384.
22. Пиковский А., Розенблюм М., Куртс Ю. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление. – М.: Техносфера, 2003. – 496 с.

Поступила в редакцию 10.12.2006 г..