

УДК 591.1: 615.849.11

**ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СВЯЗЬ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗМА С ВАРИАЦИЯМИ
ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

Чуян Е.Н., Григорьев П.Е.

Работа посвящена выявлению закономерностей связи инфрадианной ритмики физиологических процессов организма с вариациями гелиогеофизических факторов (ВГФ) при воздействии искусственных низкоинтенсивных электромагнитных излучений крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ). Показано, что связь физиологических процессов с ВГФ представляет собой явление синхронизации биоритмов организма сверхслабыми ЭМИ, а спорадическое усиление микроволновой радиоэмиссии земной ионосферы в периоды солнечных вспышек и магнитных бурь оказывает влияние на состояние организма, коррекция которого может осуществляться низкоинтенсивным ЭМИ КВЧ.

Ключевые слова: низкоинтенсивные электромагнитные излучения крайне высокой частоты, дегидрогеназная активность лейкоцитов, вариации гелиогеофизических факторов, солнечные вспышки, магнитные бури.

ВВЕДЕНИЕ

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 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. Причем важнейшую роль в этих процессах играют ЭМП фонового (реликтового) происхождения [1]. В настоящее время доказано, что с гелиогеофизическими параметрами коррелируют различные функциональные показатели организма, цикличность эпидемий и смертности [2–4]. Причем биологические эффекты солнечной и геомагнитной активности возрастают прежде всего во время солнечных вспышек (СВ) и магнитных бурь. Известно, что в периоды СВ наиболее сильно увеличивается (до нескольких тысяч, а иногда и до десяти тысяч раз) поток излучения, ионизирующего верхнюю атмосферу Земли в диапазоне от мягкого рентгеновского до вакуумного ультрафиолетового излучения (с длинами волн от 0,1 до 134 нм). Энергия этого потока на 6–7 порядков выше, чем энергия потока солнечного радиоизлучения в периоды сильных вспышек. Однако до земной поверхности коротковолновое (рентгеновское и вакуумное ультрафиолетовое) излучение Солнца не доходит, полностью поглощаясь в верхней атмосфере Земли. Во время сильных магнитных бурь также происходит увеличение на несколько порядков величины вторгающихся в верхнюю атмосферу Земли из вышележащих радиационных поясов потоков заряженных частиц, в основном электронов и протонов [5].

**ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СВЯЗ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ**

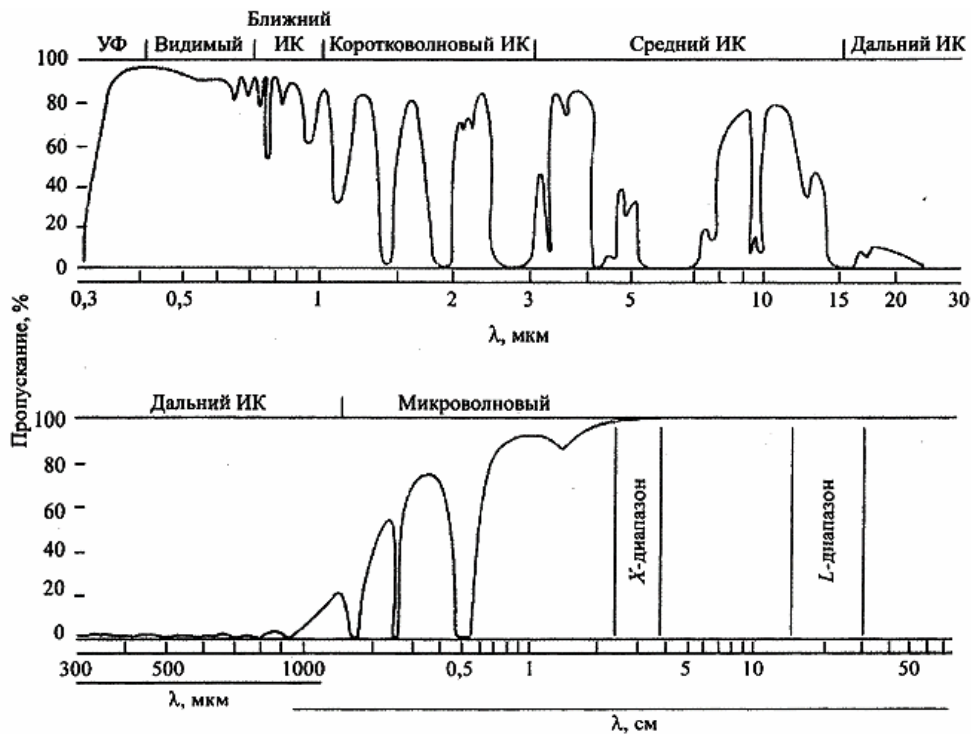


Рис. 1. Прозрачность атмосферы во всем диапазоне электромагнитного спектра (по Г. Дюшоссуа, 1986).

Следует подчеркнуть, что до настоящего времени мониторинг вариаций абсолютной величины потоков солнечного ионизирующего излучения и их спектрального состава отсутствует. Кроме того, практически отсутствуют и экспериментальные данные о спектрах и приращениях величин потоков в периоды вспышек на Солнце. Вместе с тем, в исследованиях С.В. Авакяна [5, 6] на основе анализа пространственно-временных характеристик нескольких тысяч 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. При этом автор теоретически доказал наличие у ионосферы и верхней атмосферы Земли микроволнового излучения, которое генерируется в квантовых переходах между высоковозбужденными ридберговскими состояниями всех атомно-молекулярных составляющих верхней атмосферной плазмы и является строго характеристическим (монохроматическим).

Увеличение интенсивности микроволнового излучения (существенное превышение над фоном) прямо коррелирует как с солнечной активностью, особенно со вспышками, так и с геомагнитными бурями. Представляет значительный интерес исследование, которое было проведено с помощью радиотелескопа МГТУ им. Баумана в Дмитровском районе Московской области [7]. Как показали результаты исследования, появление солнечного пятна сильно влияет на процесс миллиметрового 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 [8] (рис. 1). В связи с этим необходимо отметить, что в соответствие с новейшими радиофизическими измерениями в астрономии максимум реликтового электромагнитного излучения (ЭМИ) приходится на миллиметровый диапазон длин волн [7].

Это обстоятельство может быть решающим в проявлении биологической эффективности микроволнового излучения, поскольку в настоящее время существует большое количество данных, свидетельствующих о высокой чувствительности биологических объектов к ЭМИ миллиметрового или крайневисокочастотного (КВЧ; 30-300 ГГц) диапазона [7, 9-11].

Следует подчеркнуть, что биологические эффекты КВЧ-излучения регистрируются при плотности потока мощности излучения значительно ниже 10 мВт/см^2 . Поэтому очевидно, что механизм биологического действия КВЧ-излучения не связан с повреждающим воздействием на живой организм, а ЭМИ КВЧ относится к «информационным», нетепловым воздействиям [1]. Низкая интенсивность ЭМИ КВЧ позволяет отнести их к слабым и сверхслабым излучениям. При этом многочисленные экспериментальные и теоретические работы по исследованию механизмов действия миллиметрового излучения на живой организм подчеркивают резонансный характер отклика биологических систем различного уровня сложности (от субклеточного до организменного) на такое облучение. При этом ширина резонансов составляет $10^{-3} - 10^{-4}$ действующей частоты [11].

В наших предыдущих работах были получены доказательства того, что при воздействии ЭМИ КВЧ на животных изменяется исходная временная организация физиологических и метаболических процессов [9, 10], но эти эксперименты проводились на фоне ЭМП Земли. Поэтому естественно предположить, что зарегистрированные биологические эффекты ЭМИ КВЧ могут быть вызваны воздействием комбинированного ЭМИ естественного и искусственного происхождения. Однако связи ритмических процессов организма с гелиогеофизическими факторами при воздействии искусственных ЭМИ КВЧ не изучены.

В связи с этим целью настоящего исследования явилось выявление закономерностей связи инфранианной ритмики физиологических процессов организма с вариациями гелиогеофизических факторов при воздействии искусственных ЭМИ КВЧ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть работы выполнена в течение 17.04.2001 – 1.06.2001 г. на 80-ти белых беспородных крысах-самцах, массой 180 – 220 граммов, полученных из опытно-экспериментального питомника Института Гигиены и Медицинской Экологии, фирма «Феникс» (г. Киев). В экспериментальные группы отбирали животных одинакового возраста, характеризующихся средней двигательной активностью и низкой эмоциональностью, определяемых в тесте «открытого поля». Подобный отбор позволил сформировать однородные группы животных с одинаковыми конституциональными особенностями, однотипно реагирующих на действие различных факторов.

Для оценки влияния различных факторов на живой организм большую трудность представляет выбор физиологических показателей биологических объектов. На наш взгляд особо актуальным представляется анализ активности ферментов дыхательной цепи лимфоцитов, отражающих интенсивность различных путей энергетического обмена

ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СВЯЗЬ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ

в клетках крови. Показателями энергетического обмена организма являются активности в лимфоцитах периферической крови сукцинатдегидрогеназы (СДГ), характеризующей интенсивность процессов аэробного окисления и α -глицерофосфатдегидрогеназы (ГФДГ), отражающей интенсивность процессов анаэробного окисления. Изменение дегидрогеназной активности лимфоцитов является адекватной тест-системой, поскольку в наших [9, 10, 12] и других исследованиях [13-15] показано, что дегидрогеназы в лимфоцитах весьма чувствительны к воздействиям разной природы и интенсивности, в том числе к сверхслабым ЭМП и вариациям гелиогеофизических факторов (ВГФ). Недаром Р.П. Нарциссов (1984) указывал, что исследование дегидрогеназной активности лимфоцитов периферической крови является, по сути, «биопсией внутренних органов», «энзиматическим зеркалом организма», отражением его обменных процессов [13].

В настоящей работе были исследованы ритмические процессы в инфранианном диапазоне (с периодами более суток) средних активностей СДГ и ГФДГ, изменения инфранианной ритмики энергетического обмена лимфоцитов крови крыс при хроническом стрессе, изолированном и комбинированном со стрессом действием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ, а также связь энергетического обмена, как интегрального показателя состояния организма с СВ и геомагнитными возмущениями (ГМВ).

Для реализации поставленных задач предварительно отобранные животные были разделены на 4 группы по 20 особей в каждой. Животные первой группы находились в обычных условиях вивария и служили биологическим контролем (К). Вторую группу составляли крысы, находившиеся в условиях 46-суточного хронического стресса, который моделировался ограничением подвижности (гипокинезия, ГК). К третьей группе (КВЧ) относились животные, которых содержали в обычных условиях вивария и ежедневно по 30 минут подвергали воздействию ЭМИ КВЧ на затылочно-воротниковую область в течение 46 суток. Крыс четвертой группы (КВЧ+ГК) содержали в условиях ограничения подвижности и подвергали воздействию ЭМИ КВЧ одновременно с крысами третьей группы (комбинированное воздействие).

КВЧ-воздействие осуществляли с помощью терапевтических генераторов «Луч. КВЧ-071» (регистрационное свидетельство № 783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине): рабочая длина волны – 7,1 мм; частота излучения – 42,3 ГГц; плотность потока мощности – 0,1 мВт/см²; частота модуляции $10 \pm 0,1$ Гц; габаритные размеры излучателя, выполненного в виде «точки» – 18 x 23 мм. Для осуществления контроля над наличием ЭМИ и его мощности на выходе канала излучателя использовали сервисный прибор «РАМЕД. ЭКСПЕРТ» (ТМ 0158.00.00.00. – СП). Приборы изготовлены Центром радиофизических методов диагностики и терапии «РАМЕД» Института технической механики НАНУ, г. Днепропетровск.

Среднюю активность СДГ и ГФДГ определяли цитохимическим методом Р.П. Нарциссова [16] в периферической крови экспериментальных животных, которую получали ежедневно в течение 46 суток путем пункции хвостовой вены.

Продолжительность периодов и амлитудно-фазовые характеристики средних активностей дегидрогеназ рассчитывали с помощью косинор-анализа, дающего полное представление о структуре физиологических ритмов [17].

Связь дегидрогеназной активности с ГМВ и СВ (резким возрастанием вспышечного индекса) определяли методом наложения эпох. Данные были получены на сайте <ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/stp>. Нами были исследованы связи ритмики физиологических

процессов с гелиогеофизическими индексами, отражающими основные вариации спектра природных ЭМП, среднеарифметические значения которых за период исследования представлены в таблице.

Отсчетным (нулевым) днем были сутки соответствующего события. Всего за время эксперимента были зарегистрированы 3 ГМВ и 4 крупные СВ, перед которыми как минимум в течение 5 суток другие возмущения или вспышки не происходили. Относительно ГМВ и СВ в диапазоне ± 4 суток строили отрезки временных рядов вариаций активности СДГ и ГФДГ (из значений средней активности фермента вычитались их линейные составляющие).

Таблица.

Среднеарифметические значения гелиогеофизических индексов в период проведения экспериментальных исследований

Гелиогеофизические индексы	Значения
Ар	11,5 \pm 1,63
Кр	2,0 \pm 0,07
Знак межпланетного магнитного поля	0,20 \pm 0,11
W	95,7 \pm 3,61
F	159,9 \pm 3,40
Отношение F:Ар	27,2 \pm 4,27

Эксперименты проводили в затемненном звукоизолированном помещении в одно и то же время суток (с 9⁰⁰ до 10³⁰ часов) до кормления. Крыс содержали в условиях вивария при температуре 18 – 22°C на стандартном пищевом рационе и в стандартных условиях освещения (12 часов темнота: 12 часов свет). Световая фаза начиналась в 7.00 утра. При проведении экспериментов придерживались «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что активность энергетических систем лимфоцитов крови крыс изменяется в инфранидном диапазоне, который является биологической закономерностью в деятельности всех физиологических систем организма человека и животных и составляет часть временной организации биологических систем [4, 18, 19]. Косинор-анализом выявлен определенный набор ритмов средних активностей СДГ и α -ГФДГ в лимфоцитах, характеризующихся сходной продолжительностью периодов ($\approx 3^d,5$; $\approx 7^d,0$, $\approx 11^d,0$ и $\approx 22^d,0$). Инфранидным ритмам изученных показателей свойственны определенные амплитудно-фазовые соотношения. Необходимо отметить, что у интактных животных с увеличением периода амплитуды ритмов возрастали (рис. 2). При анализе интегральных ритмов средних активностей дегидрогеназ в лимфоцитах выявлены более высокие значения амплитуд большинства выделенных периодов средней активности СДГ в лимфоцитах по сравнению с соответствующими амплитудами ритмов активности α -ГФДГ. Обнаружено также, что между активностями окислительно-восстановительных ферментов у интактных

ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СВЯЗ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ

животных во всех выделенных периодах, за исключением околонедельного, существует определенная разность фаз (рис. 3-А), что подтверждает современные представления о том, что целостный организм может существовать только при определенных фазовых соотношениях различных колебательных процессов в клетках, тканях, органах и функциональных системах [4].

Известно, что степень синхронизации физиологических показателей неодинакова при разных состояниях организма и поэтому может быть использована для оценки устойчивости физиологических систем к действию различных факторов [4]. Действительно, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что инфрадианная ритмика исследованных показателей существенно изменялась при различных воздействиях. Так, ГК стресс привёл к значительной перестройке инфрадианной ритмики исследуемых ферментных систем в лимфоцитах, к резкому нарушению временной упорядоченности физиологических процессов в исследуемых системах. Эти изменения заключались в существенном нарушении структуры ритмов, значительном увеличении или уменьшении амплитуд ритмов (рис. 2), увеличении разности фаз во всех выделенных периодах (рис. 3-Б). Нарушение синхронизации (нормальных фазовых соотношений) физиологических процессов между собой вызывает внутренний десинхроноз, который является следствием развития стресс-реакции, предшествует развитию патологических состояний и приводит к уменьшению резистентности организма к повреждающим факторам [2 – 4].

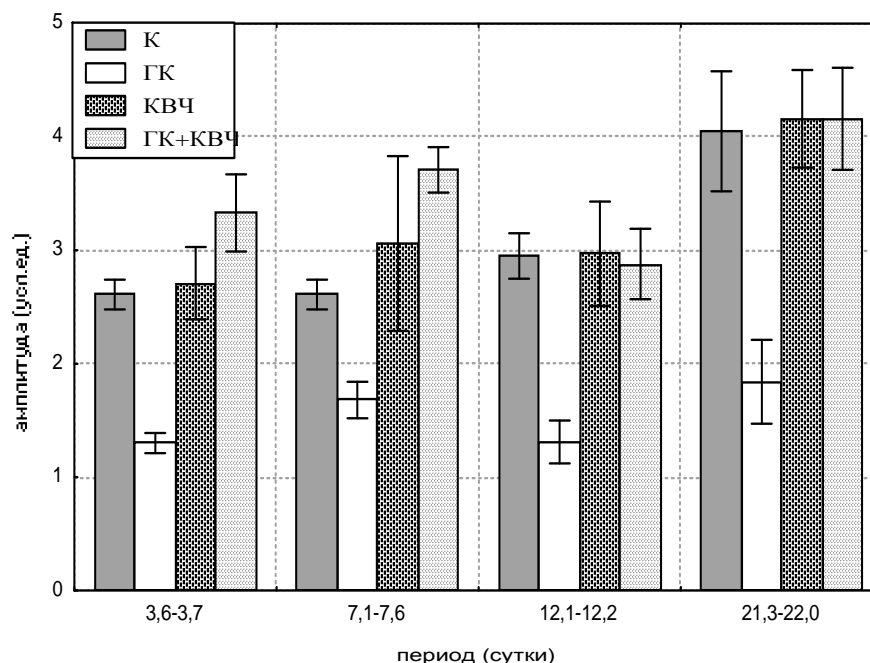


Рис. 2. Амплитуды периодов интегрального ритма средней активности α -глицерофосфатдегидрогеназы в лимфоцитах крови крыс разных групп: К – контроль; ГК – гипокинезия; КВЧ – воздействие ЭМИ КВЧ; ГК+КВЧ – комбинированное воздействие гипокинезии и ЭМИ КВЧ.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что ЭМИ КВЧ также способно изменять временную организацию физиологических систем. Изменения инфрадианной ритмики под влиянием изолированного КВЧ-воздействия относительно значений изученных показателей у животных контрольной группы в основном проявлялись на уровне тенденции и заключались в перестройке амплитудно-фазовых параметров в некоторых периодах (рис. 2, 3-В). Косинор-анализ позволил выявить фазовую координацию показателей внутри энергетических систем (СДГ и α -ГФДГ) лимфоцитов. При этом во всех периодах сохранялись или даже уменьшались исходные фазовые соотношения ритмов изученных систем по сравнению с данными этих показателей в контрольной группе животных (рис. 3-В), что свидетельствует об увеличении синхронизации между изученными системами лейкоцитов. По-видимому, такие перестройки ритмических процессов физиологических показателей, выявленные под влиянием КВЧ-излучения, вносят определенный вклад в инфрадианную ритмику исследуемых ферментов, способствуют их синхронизации и создают наиболее оптимальные условия для функционирования физиологических систем, что может являться одним из механизмов физиологического действия ЭМИ КВЧ. Следовательно, изменения структуры инфрадианной ритмики, вызванные воздействием ЭМИ КВЧ, существенно отличаются от изменений, развивающихся у крыс с ограниченной подвижностью.

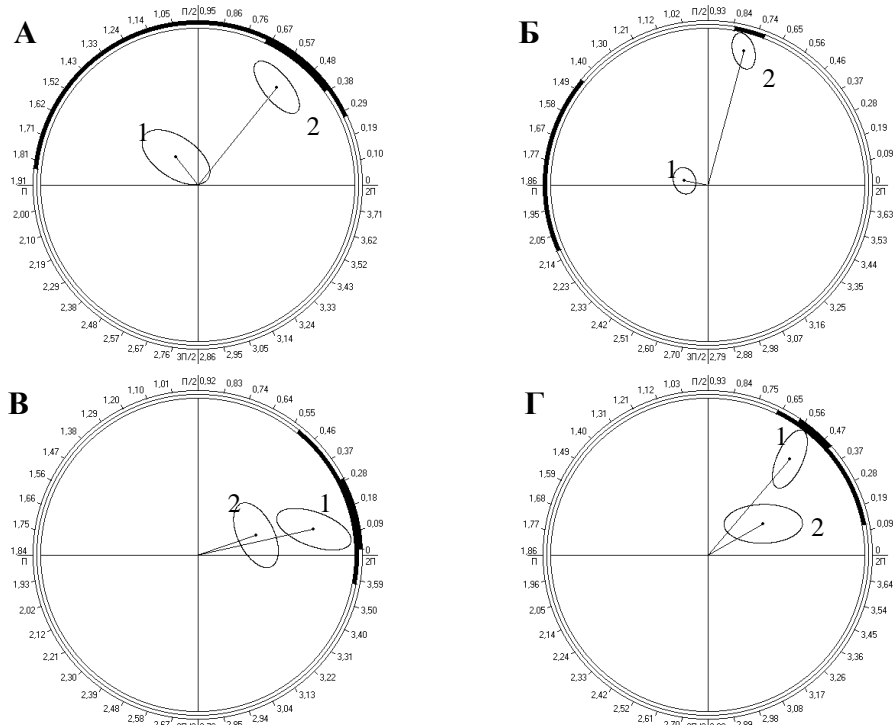


Рис. 3. Соотношение фаз биоритмов средних активностей сукцинат- и α -глицерофосфатдегидрогеназ в лимфоцитах крови крыс при различных воздействиях (А – контроль; Б – гипокинезия; В – ЭМИ КВЧ; Г – комбинированное действие гипокинезии и ЭМИ КВЧ) в периоде $\approx 7,0$ суток, где 1 – СДГ, 2 – α -ГФДГ.

ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СВЯЗЬ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ

При десинхронозе, вызванном стресс-реакцией на ограничение подвижности ежедневное воздействие ЭМИ КВЧ оказывало корректирующее действие, что привело к нормализации инфрадианной ритмики показателей функциональной активности лимфоцитов (рис. 2, 3-Г). КВЧ-воздействие на животных, находившихся в условиях ГК, привело к достоверному увеличению или уменьшению амплитуд, заметному сдвигу фаз выделенных ритмов относительно их значений у животных, подвергнутых действию только ГК стресса. При этом происходило восстановление исходных амплитудно-фазовых соотношений в большинстве выделенных периодов.

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о биологической активности низкоинтенсивных ЭМИ КВЧ и их способности изменять инфрадианную ритмику физиологических показателей. Полученные данные доказывают способность ЭМИ КВЧ к синхронизации физиологических процессов, что может быть одним из механизмов его антистрессорного действия. Эти факты свидетельствуют о возможности использования ЭМИ КВЧ данных параметров в качестве внешнего синхронизатора, «датчика времени» при десинхронозах различного генеза.

Поскольку ритмические колебания составляют естественную характеристику биологических объектов (на всех их уровнях – от клеточного до популяционного), легко представить, что их эндогенная (внутренняя) временная структура складывалась эволюционно под влиянием внешних природных ритмических синхронизаторов, к которым относятся вариации гелиогеофизических факторов (ВГФ).

Как показали результаты косинор-анализа, в спектрах ИРФП животных и ИРГИ за время проведения эксперимента наблюдалось значительное количество совпадающих или близких периодов: $\approx 3^d,5$; $\approx 7^d,0$; $\approx 9^d,0$; $\approx 11^d,0$; $\approx 14^d,0$; $\approx 22^d,0$ и $\approx 28^d,0$. Полученные данные согласуются с результатами исследований других авторов [2, 4] 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 и 14 дней). Эти ритмы природных ЭМП сыграли, по-видимому, важную роль в формировании инфрадианной ритмики живых организмов и интегрировались в эндогенную ритмику биологических систем [20]. Так, например, ритмы обострения ряда заболеваний, отторжения трансплантатов после операций по пересадке органов и тканей имеют периоды около 7, 14, 28 дней [2-4].

В результате анализа физиологических (активности СДГ и ГФДГ) и гелиогеофизических показателей была выявлена связь интегральной ритмики физиологических процессов (ИРФП) с интегральной ритмикой гелиогеофизических индексов (ИРГИ) в разных фазах солнечной и геомагнитной активности, что выражалось в различной степени близости их периодов (СБП). У интактных крыс наблюдалась своеобразная подстройка ИРФП к ИРГИ. Воздействия на животных ГК и ЭМИ КВЧ изменяли показатели связи ИРФП с ИРГИ по сравнению с исходной величиной СБП у животных контрольной группы (рис. 4). Так, в состоянии ГК по сравнению с показателями у животных контрольной группы СБП в ИРФП и ИРГИ увеличилась на 22%, что является признаком гиперсинхронизации ритмики физиологических процессов с гелиогеофизическими вариациями.

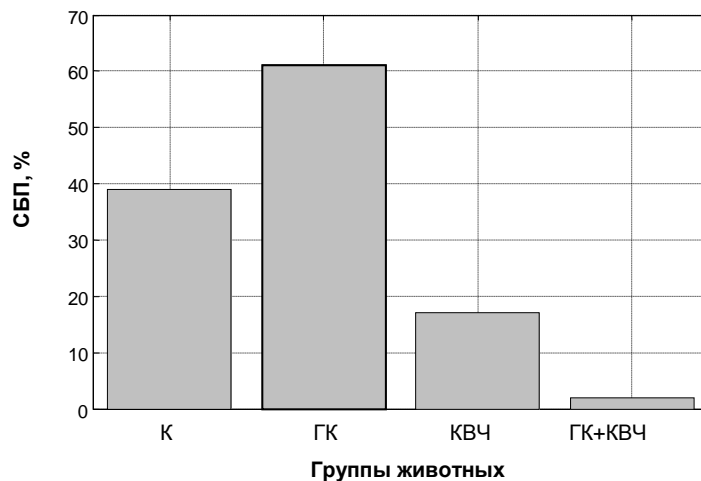


Рис. 4. Показатели степени близости периодов физиологических процессов с гелиогеофизическими вариациями для разных групп животных: контрольной группы (К), подвергнутых хроническому гипокинетическому стрессу (ГК), воздействию низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (КВЧ) и их комбинации (ГК+КВЧ).

Таким образом, у крыс, находящихся в условиях стресс-реакции, развитие внутреннего десинхроноза приводит к возникновению внешней синхронизации с гелиогеомагнитными факторами. Это может быть вызвано с тем, что организм «подстраивается» под внешний, естественный датчик времени. Известно, что ГК приводит к развитию общего адаптационного синдрома (стресс-реакции), который всегда сопровождается изменением временной организации. Согласно данным литературы, характер этих изменений может быть различным и выражаться как гиперсинхронизацией, так и десинхронозом. Согласно нашим данным эти два варианта нарушений временной организации при стрессе могут развиваться одновременно. Чрезмерная синхронизация, как и рассогласование физиологических процессов, является индикатором неблагоприятной ситуации и свидетельствует о развитии общего десинхроноза.

При воздействии ЭМИ КВЧ, напротив, СБП ИРФП и ИРГИ уменьшилась в среднем на 27% относительно значений этого показателя у интактных крыс. Воздействие ЭМИ КВЧ на животных, находившихся в условиях длительного ограничения подвижности, существенно изменило параметры синхронизации ИРФП и ИРГИ, что выразалось в значительном уменьшении (на 59%) СБП в ИРФП с ИРГИ по сравнению со значениями соответствующих показателей у животных, которые также находились в условиях ГК, но дополнительно не подвергались КВЧ-воздействию. Следовательно, изменения показателей связи ИРФП с ИРГИ при воздействии изолированного и, особенно комбинированного с ГК низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ выражались в уменьшении СБП между ИРФП и ИРГИ.

Таким образом, при воздействии ЭМИ КВЧ на организм, находящийся в состоянии внутреннего десинхроноза, вызванного развитием стресс-реакции на ограничение подвижности, происходит нормализация состояния за счет восстановления исходной

ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СВЯЗЬ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ

временной организации физиологических процессов посредством синхронизирующего действия этого физического фактора. Однако при этом возникает выраженный внешний десинхроноз – нарушение синхронизации физиологических процессов с ВГФ. Возникновение внешнего десинхроноза на фоне внутренней синхронизации между физиологическими процессами 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 [21].

Известно, что для успешного осуществления клетками их функций необходима взаимосвязь ферментных систем [22]. В отсутствие магнитной бури и СВ в лимфоцитах крови животных всех экспериментальных групп наблюдалось преобладание средней активности ключевого фермента цикла Кребса – СДГ над ГФДГ, осуществляющего преимущество и синхронность в процессах анаэробного гликолиза и биологического окисления (рис. 5, 6), что расценивается как превалирование свойственного для лимфоцитов источника энергии – аэробного окисления глюкозы [13]. Однако в ответ на ГМВ у крыс контрольной группы произошло значительное снижение активности СДГ на фоне возрастания ГФДГ (рис. 5-А), что свидетельствует о переходе лимфоцитов на использование несвойственных им источников энергии, а, следовательно, является показателем снижения резистентности организма в ответ на магнитную бурю. В окрестности дат СВ произошло угнетение активности обоих ферментов (рис. 6-А), свидетельствующее о снижении интенсивности энергетических процессов в клетках, являющееся следствием развития в организме стресс-реакции. Вместе с тем выявлена и различная чувствительность изученных дегидрогеназ на ВГФ. У интактных крыс снижение активности СДГ наблюдалось за 1 сутки до ГМВ и через 1 сутки после СВ, а изменение активности ГФДГ в день ГМВ (увеличение) и через 1 сутки после СВ (уменьшение). Следовательно реакция организма на ГМВ проявляется в более ранние сроки по сравнению с СВ. Тот факт, что энергетическая система лимфоцитов различным образом реагирует на ГМВ и СВ, свидетельствует о том, что организм «различает» эти два типа событий. Возможно, это связано со специфическими изменениями в спектре природных ЭМП для каждого из типов событий. Следовательно, связанные с ГМВ и СВ изменения электромагнитного фона благодаря своей повторяемости могут, с одной стороны, использоваться организмами в качестве датчиков времени для разнообразных физиологических процессов, а, с другой стороны, являются неблагоприятным внешним фактором, способствующим снижению неспецифической резистентности организма и развитию стресс-реакции.

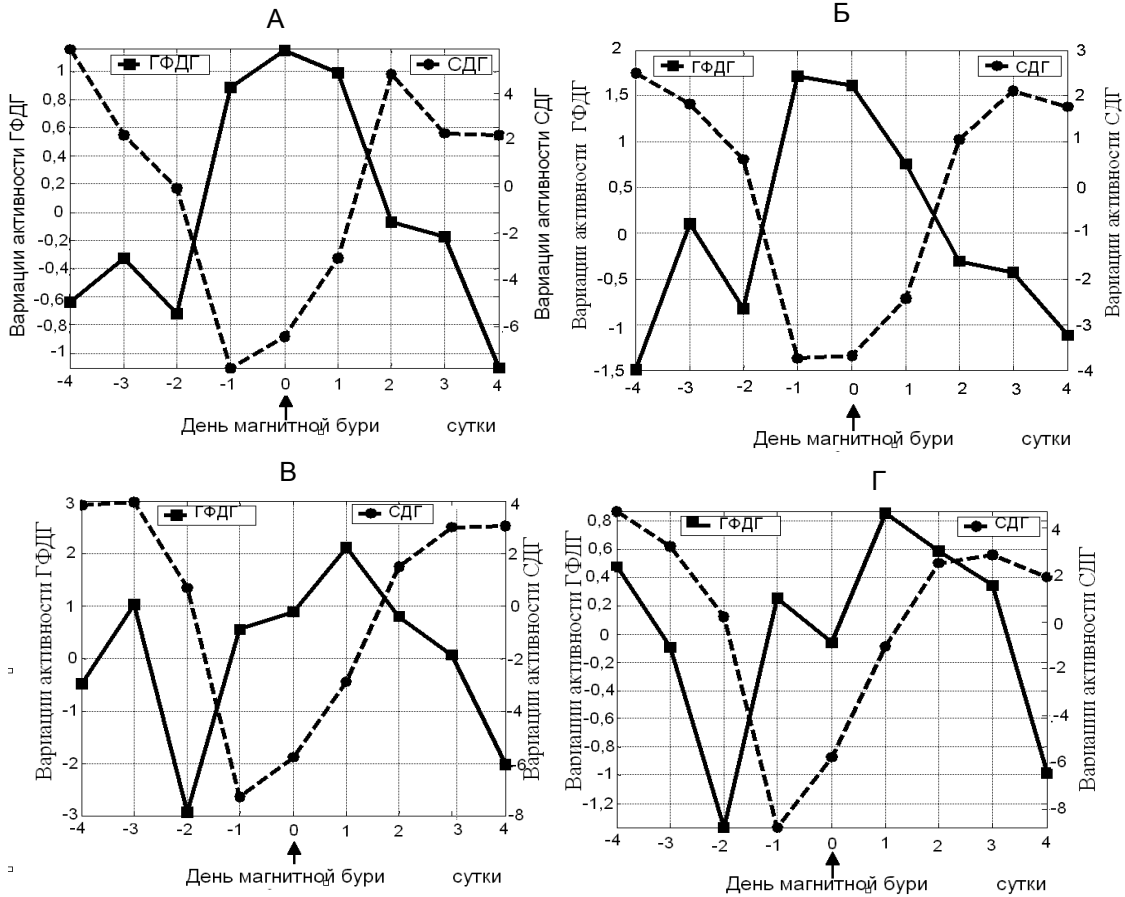


Рис. 5. Вариации средних активностей СДГ и ГФДГ в лимфоцитах крови крыс контрольной группы (А), подвергнутых действию гипокинезии (Б), воздействию ЭМИ КВЧ (В) и их комбинации (Г) в окрестности дат геомагнитных возмущений.

Настоящим исследованием выявлено, что экспериментальные воздействия (ГК, ЭМИ КВЧ и их комбинация) модифицируют изменения дегидрогеназной активности в окрестности дат возрастания ГМВ и вспышечной активности Солнца. Причем в большей степени эти изменения касаются ГФДГ в лимфоцитах крови как на ГМВ, так и на СВ. Гипокинетический стресс привел к уменьшению активности СДГ за 1 сутки до ГМВ и через 1 сутки после СВ, т.е. динамика активности этого фермента соответствовала таковой у животных контрольной группы. Активность ГФДГ снижалась уже за 2-е суток до ГМВ и СВ (рис. 5-Б; 6-Б) на фоне низкой активности СДГ и повышалась за 1 сутки до ГМВ и СВ также на фоне снижения СДГ, что расценивается как декомпенсация специфического для лимфоцитов источника энергии. Полученные данные свидетельствуют о более выраженном снижении энергетического потенциала клеток в окрестностях ГМВ у крыс, находившихся в условиях ГК по сравнению с интактными животными, что приводит к уменьшению адаптационных возможностей организма к

**ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СВЯЗ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ**

другим воздействиям. Кроме того, изменения активности ферментов (особенно ГФДГ) у крыс этой группы происходили в более ранние сроки, чем у интактных животных. Следовательно, животные, находящиеся в условиях экспериментальной стресс-реакции, оказались более чувствительными к ГМВ и СВ.

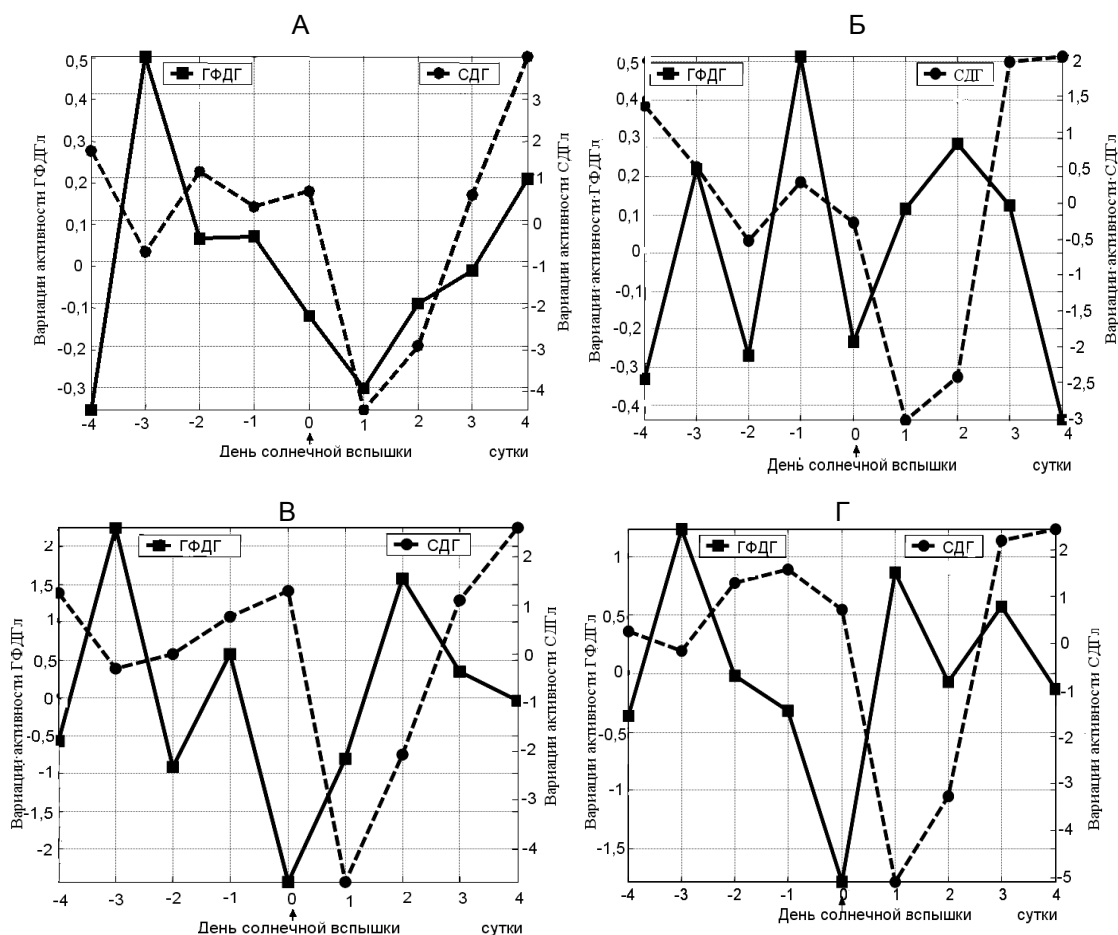


Рис. 6. Вариации средних активностей СДГ и ГФДГ (усл. ед) в лимфоцитах крови крыс контрольной группы (А), подвергнутых действию гипокинезии (Б), воздействию ЭМИ КВЧ (В) и их комбинации (Г) в окрестности дат возрастания вспышечной активности Солнца.

Изолированное и комбинированное с ГК воздействие ЭМИ КВЧ в окрестностях как ГМВ, так и СВ, практически не оказывало влияния на динамику активности СДГ, зарегистрированную у крыс контрольной группы, однако привело к изменению активности ГФДГ в лимфоцитах крови: значительное снижение активности этого фермента наблюдалось за 2 дня до ГМВ и в день СВ, а повышение активности – через 1 – 2 дня после магнитной бури и усиления вспышечной активности Солнца. Следует отметить, что максимальное снижение активности ГФДГ происходило на фоне повышения активности СДГ и, наоборот, минимум активности СДГ на фоне повышения

активности ГФДГ, что можно рассматривать в качестве компенсации одного из процессов окисления глюкозы за счет другого (рис. 5-В, Г; 6-В, Г). Следовательно, под влиянием ЭМИ КВЧ в ответ на ГМВ и СВ происходит мобилизация энергетических ресурсов клеток, являющаяся важным адаптивным фактором повышения как специфической, так и неспецифической резистентности. В данном случае антистрессорное действие ЭМИ КВЧ, доказанное в наших предыдущих исследованиях [9, 10] является следствием модификации ритмики дегидрогеназной активности и нивелирования неблагоприятного воздействия внешнего фактора электромагнитной природы.

Таким образом, приведенные результаты исследования свидетельствуют о том, что организм обладает способностью реагировать как на ритмические вариации, так и на возмущения геомагнитного поля. Можно с уверенностью заключить, что магнитная буря и СВ являются стресс-факторами, в ответ на которые в организме развивается стресс-реакция. При этом изученные факторы (ГК, ЭМИ КВЧ и их комбинация) не просто изменяют временную организацию физиологических процессов, но и модифицируют влияние ГМВ на характеристики физиологических процессов. Причем выявлена неоднозначность реакций животных разных экспериментальных групп на изменения электромагнитного фона, что, по-видимому, связано с тем, что в организмах с различными функциональными свойствами наблюдаются разнонаправленные сдвиги физиологических процессов при воздействии ЭМП с одинаковыми параметрами [19]. Так, у животных, находившихся в условиях хронической стресс-реакции, выявлено наличие внутреннего десинхронизма на фоне увеличения связи ритмики физиологических процессов организма с вариациями природного электромагнитного фона, что привело к неблагоприятным изменениям изученных физиологических показателей под влиянием возрастания ГМВ и СА. Отсюда становится понятным тот факт, что больные люди (любое заболевание вызывает в организме развитие стресс-реакции) обладают повышенной чувствительностью к СВ и магнитным бурям. В частности, показано влияние ГМВ на изменение капиллярного кровотока у больных ишемической болезнью сердца [23] в день магнитной бури, влияние СВ и магнитных бурь на состояние больных с сосудистой патологией сердца и мозга, с чем связано учащение случаев инфаркта миокарда и внезапной смерти [2, 3, 24]. В этом отчетливо видна связь проблемы биологических ритмов с проблемой адаптации.

При воздействии искусственного ЭМИ КВЧ уменьшается связь ритмики физиологических процессов организма с вариациями природного ЭМП, а синхронизация физиологических процессов в инфранианном диапазоне осуществляется в большей степени низкоинтенсивным ЭМИ искусственного происхождения, чем естественного. Вероятно, поэтому реакция как интактного, так и находящегося в условиях стресс-реакции организма на ГМВ на фоне облучения ЭМИ КВЧ становится более благоприятной. Отличия изменений физиологических процессов организма при ГМВ и СВ под влиянием ЭМИ КВЧ от таковых у интактных и стрессированных животных, по-видимому, можно объяснить появлением синергического эффекта на внешнее воздействие при совокупном действии нескольких факторов (искусственного низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ и усиления активности микроволнового излучения ионосферы в периоды магнитной бури или СВ). При этом под влиянием ЭМИ КВЧ реакция организма на ГМВ проявляется в более ранние сроки и в большей степени, чем на СВ, что может быть связано с тем, что СВ в среднем дает микроволновое излучение

ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СВЯЗЬ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ

ионосферы в сотни раз менее интенсивное, чем магнитная буря [5, 6] и еще раз подтверждает возможность развития эффекта синергизма на миллиметровое излучение.

Полученные данные экспериментально подтверждают предположение о том, что микроволновой диапазон может быть прямым каналом информации самых нижних слоев атмосферы и самой биосферы о вариациях солнечной и геомагнитной активности [6]. Для биосферы и, в частности, для организма человека и животных эта информация в виде вариаций потока микроволнового излучения как раз и может быть тем агентом X, который постулировал А.Л. Чижевский. При этом он полагал, что агент X – это (в том числе) «электрические колебания определенной частоты» [25] а агентом воздействия солнечной активности является, в частности, «миллиметровое излучение» [26]. При этом миллиметровое излучение способно выступать как несущая частота с модуляцией инфразвуковыми, акустико-гравитационными внутренними волнами верхней атмосферы, а также колебаниями фонового ЭМП, в том числе в области биоритмов. Это усиливает эффект влияния низкочастотных колебаний фонового ЭМП с его значительной ролью в биологическом мире [27], благодаря сильному действию на биообъекты со стороны миллиметрового излучения.

На основании результатов исследования можно утверждать, что связь физиологических процессов с ВГФ представляет собой явление синхронизации биоритмов организма сверхслабыми ЭМП, а спорадическое усиление микроволновой радиоэмиссии земной ионосферы в периоды СВ и магнитных бурь (полярных сияний) оказывает влияние на состояние организма, коррекция которого может осуществляться низкоинтенсивным ЭМИ КВЧ.

В настоящее время еще нет единого мнения по поводу механизма высокой чувствительности биологических объектов к слабым ЭМИ искусственного и естественного происхождения. В последние годы все большее внимание привлекают сведения о важной регуляторной роли эпифиза и его основного гормона мелатонина в регуляции многих физиологических функций организма [28 – 30]. Существуют многочисленные данные о чувствительности эпифиза и других элементов APUD-системы (amine precursor uptake and decarboxylation), синтезирующих мелатонин к ЭМП различных интенсивностей [31-33], в том числе к низкоинтенсивным ЭМИ КВЧ [10]. Общеизвестно, что мелатонин является универсальным эндогенным адаптогеном, обладает выраженным антистрессорным действием, участвует в контроле многих биологических ритмов [29, 30, 33], причем обнаружена роль гормона в регуляции не только циркадианной, но и инфрадианной ритмики. Доказано, что мелатонин способствует как согласованию собственных биологических ритмов организма между собой, так и коррекции эндогенных ритмов относительно экзогенных. Это обстоятельство существенно в антистрессорной защите организма, поскольку гормон, нормализуя ритмоорганизующие функции организма, устраняет десинхроноз, что и показано в настоящем исследовании при применении низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ.

Выявленные зависимости энергетического обмена лимфоцитов крови крыс от ГМВ и уровня солнечной активности можно использовать для прогноза состояния организма. В дальнейшем необходимо провести аналогичные измерения активности дегидрогеназ в крови людей, находящихся в различных исходных физиологических состояниях. В случае подтверждения достоверной связи между активностью дегидрогеназ и других физиологических показателей с вариациями природного электромагнитного фона на людях станет возможным прогнозировать состояние организма в результате воздействия гелиогеофизических факторов.

Список литературы

1. Пресман А. С. Электромагнитные поля и живая природа. – М.: Наука, 1968. - 288 с.
2. Бреус Т.К., Раппопорт С.И. Магнитные бури: медико-биологические и геофизические аспекты. – М.: Советский спорт, 2003. - 192 с.
3. Бреус Т.К., Конрадов А.А. Эффекты ритмов солнечной активности // Атлас «Временные вариации природных антропогенных и социальных процессов» / Под ред. Н.П. Лаверова. – 2003. - Т. 3. - С. 516.
4. Владимирский Б.М., Сидякин В.Г., Темурьянц Н.А., Макеев В.Б., Самохвалов В.П. Космос и биологические ритмы. – Симферополь, 1995. - 256 с.
5. Avakyan S. V. New processes in aeronomy: Auger effect – 30 years later, multiple photoionization – 25 years later, Rydberg excitation – 10 years later // Proc. of 5-th Intern. conf. «Problems of Geocosmos». – SPb. – 2004. - P. 190-195.
6. 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.
7. Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н. Миллиметровые волны и живые системы. – М.: САЙН-Пресс, 2004. - 272 с.
8. Дюшоссуа Г. Дистанционная индикация из космоса. Достижения и перспективы в Европе // Импакт. - 1986. - С. 88-107.
9. Чуян Е.Н., Темурьянц Н.А., Московчук О.Б., Чирский Н.В., Верко Н.П., Туманянц Е.Н., Пономарева В.П. Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ. – Симферополь: ЧП «Эльвион», 2003. - 448 с.
10. Чуян Е.Н. Нейроиммуноэндокринные механизмы адаптации к действию низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты: Автореф. дисс. ... доктора биол. наук: 03.00.13 / КНУ. – Киев, 2004. - 40 с.
11. Бецкий О.В. Частотная зависимость биологических эффектов в области электромагнитных волн: новые биологические резонансы в миллиметровом диапазоне // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 1998. - № 2 (12). - С. 3-5.
12. Григорьев П.Е., Мартынюк В.С., Темурьянц Н.А. О связи активности дегидрогеназ с гелиогеофизическими факторами // Геофизические процессы и биосфера. - 2005. - Т.4, № 1. - С. 71-75.
13. Нарциссов Р.П., Шищенко В.М., Петричук С.В., Духова З.Н., Суслова Г.Ф., Жаббарова Л.Р., Тен В.П. Влияние факторов внешней среды на ферментный статус лейкоцитов крови человека // Современные проблемы изучения и сохранения биосферы. Т. 2. СПб.: Гидрометеоздат, 1992. - С. 27-32.
14. Качергене Н.В., Вернишкайте Р.Б., Дайлидене Н.К. Геокосмические факторы в адаптации внутриклеточной энергии при патологии беременных женщин, родильниц и детей // Биофизика. -1992. - Т. 37, № 4. - 705-709.
15. Нарциссов Р.П. Прогностические возможности клинической цитохимии // Советская педиатрия. - 1984. - Вып. 2. - С. 267-294.
16. Нарциссов Р.Н. Применение п-нитротетразоля фиолетового для количественного цитохимического определения дегидрогеназ лимфоцитов человека // Арх. анат., гистол., эмбриол. - 1969. - № 8. - С. 73.
17. Емельянов И.П. Структура биологических ритмов человека в процессе адаптации. Статистический анализ и моделирование. – Новосибирск: Наука, 1986. - 184 с.
18. Стригун Л.М. Ритмы в гелиобиологических связях // Стратегия жизни в условиях планетарного экологического кризиса / Под ред. проф. Н.В. Красногорской. Т. 1. СПб.: Изд-во «Гуманистика», 2002. - С. 153-160.
19. Степанова С.И., Галичий В.А. Космическая биоритмология // Хронобиология и хрономедицина / Под ред. Ф.И. Комарова, С.И. Раппорта. – М., 2000. - С. 266-298.
20. Halberg F., Breus T.K., Cornelissen G. Chronobiology in Space. – Minnesota University Medtronic Seminar. – Series №1. – Minnessota. -1991. - Vol.13. N 12/1. - P.21.
21. Пиковский А., Розенблюм М., Куртс Ю. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление. – М.: Техносфера, 2003. - 496 с.
22. Шубич М.Г., Авдеева М.Г., Лебедев В.В., Шмелев С.И. Особенности лимфоцито-моноцито-нейтрофильных взаимоотношений при разной тяжести течения лептоспироза (цитохимическое исследование) // Клин. лабор. диагностика. - 1994. - № 4. - С. 25-27.
23. Гуркинфель Ю.И., Любимов В.В., Ораевский В.Н. и др. Влияние геомагнитных возмущений на капиллярный кровоток. – Препринт ИЗМИРАН, 1994.
24. 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.

ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СВЯЗь ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ

25. Чижевский А.Л. Космический пульс жизни. – М.: Мысль, 1995. – С. 646-647.
26. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. – М.: Мысль, 1976. – 327 с.
27. Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. Низкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. – Киев: Наукова думка, 1992. – 150 с.
28. Кветной И.М., Райхлин Н.Т., Южаков В.В., Ингель И.Э. Экстрапинеальный мелатонин: место и роль в нейроэндокринной регуляции гомеостаза // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1990. Т. 127, № 4. – С. 364-370.
29. Арушанян Э.Б., Арушанян Л.Г. Модуляторные свойства эпифизарного мелатонина // Проблемы эндокринологии. – 1991. – Т. 37, № 3. – С. 65-68.
30. Малиновская Н.К. Роль мелатонина в организме человека // Клиническая медицина. – 1998. – № 10. – С. 15-22.
31. Karasek M., Woldanska-Okonska M., Czernicki J., Zylinska K., Sweietoslawski J. Chronic exposure to 2,9 mT, 40 Hz magnetic field reduces melatonin concentrations in humans // J. Pineal Res. – 1998. – V. 25, No. 4. – P. 240-244.
32. Reiter R.J., Tan D.X., Poeggeler B., Kavet R. Inconsistent suppression of nocturnal pineal melatonin synthesis and serum melatonin levels in rats exposed to pulsed DC magnetic fields // Bioelectromagnetics. – 1998. – V. 19, No. 5. – P. 318-329.
33. Темурьянц М.А., Шехоткин А.В. Современные представления о механизмах электромагнитных воздействий // Вестник физиотерапии и курортологии. 1999. – № 1. – С. 8-13.

Чуян О.М., Григор'єв П.Є. Вплив низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону на зв'язок інфрадіанної ритміки фізіологічних процесів організму з варіаціями геліогеофізичних факторів // Учені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2007. – Серія «Біологія, хімія». – Т. 20 (59), № 1. – С. 58-73.

Роботу присвячено виявленню закономірностей зв'язку інфрадіанної ритміки фізіологічних процесів організму з варіаціями геліогеофізичних факторів (ВГФ) в умовах дії штучних низькоінтенсивних електромагнітних випромінювань надвисокої частоти (ЕМВ НВЧ). Встановлено, що зв'язок фізіологічних процесів з ВГФ реалізується через синхронізацію біоритмів організму надто слабкими ЕМВ, а спорадичне посилення мікрохвильової радіоemisії земної іоносфери в періоди сонячних спалахів і магнітних збурювань впливає на стан організму, корекція якого може здійснюватися за допомогою низькоінтенсивного ЕМВ НВЧ.

Ключові слова: низькоінтенсивні електромагнітні випромінювання надвисокої частоти, дегідрогенна активність лейкоцитів, варіації геліогеофізичних факторів, сонячні спалахи, магнітні збурювання.

Chuyan E.N., Grigoryev P.Ye. The ties between the infradian rhythmic of the physiological processes in an organism with the heliogeophysical variations under the influence of the low intensive electromagnetic microwave radiation // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry". – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 58-73.

This work is dedicated to the searching for the relationship of the infradian rhythmic of the physiological processes in an organism under the influence of the artificial low intensity microwaves of the extremely high frequency, with the heliogeophysical variations. It was found that the essence of the ties between the physiological processes and the heliogeophysical variations is the synchronization of the organism biorhythms by the low intensity microwaves. The sporadic enhancement of the microwave emission of the Earth ionosphere during the Solar flares and the magnetic disturbances have influence on an organism state, and its correction may be provided by the low intensity extra high frequency microwaves.

Keywords: low intensity electromagnetic radiation of the extra high frequency, the dehydrogenase activity of leukocytes, heliogeophysical variations, Solar flares, magnetic disturbances.