

Журнал основан в 1918 г.

**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ**  
**ТАВРИЧЕСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО**  
**УНИВЕРСИТЕТА**  
**им. В.И. Вернадского**

Научный журнал

**Том 20 (59) № 1:**

*Биология, химия*

Симферополь, Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, 2007

**Редакционная коллегия журнала:**

Багров Н. В. – главный редактор  
Бержанский В. Н. – заместитель главного редактора  
Ена В. Г. – ответственный секретарь

**Редакционная коллегия серии «Биология, химия»**

**Биологические науки**

Темурьянц Н.А., доктор биологических наук, профессор – *(редактор серии)*  
Мартынюк В.С., кандидат биологических наук, доцент *(выпускающий редактор)*  
Чуян Е.Н., доктор биологических наук, профессор  
Кореньюк И. И., доктор биологических наук, профессор  
Бугара А.М., доктор биологических наук, профессор  
Павленко В.Б., доктор биологических наук, профессор  
Юрахно М. В., доктор биологических наук, профессор  
Коношенко С. В., доктор биологических наук, профессор

**Химические науки**

Шульгин В. Ф., доктор химических наук, профессор – *(редактор серии)*  
Гришковец В.И., доктор химических наук, профессор  
Земляков А. Е., доктор химических наук, профессор  
Федоренко А. М., доктор химических наук, профессор  
Чирва В. Я., доктор химических наук, профессор

© Таврический национальный университет, 2007 г.

Подписано в печать 26.08.2007. Формат 60x84 1/8 усл. изд. л. 10,6. Тираж 500. Заказ № 17/а.  
Отпечатано в информационно-издательском отделе ТНУ.  
Проспект Вернадского, 4, г. Симферополь, 95007

„Учюнюе зпськї Таврїческого нацїонального унїверсїтета їм. В. І. Вернадского”

Науковий журнал. Серїя «Бїологїя, хїмїя». Том 20 (59), № 1.  
Сїмферополь, Таврїський нацїональний унїверсїтет їм. В.І.Вернадського, 2007  
Журнал заснований у 1918 р.

Адреса редакції: Проспект Вернадского, 4, м. Сїмферополь, 95007  
Надруковано у інформаційно-видавничькому вїддїлі Таврїського нацїонального унїверсїтету їм. В.І.Вернадського.  
Проспект Вернадського, 4, м. Сїмферополь, 95007

*УДК 57.011*

**К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А.Л. ЧИЖЕВСКОГО.  
А.Л. ЧИЖЕВСКИЙ И ФЕНОМЕН РУССКОГО КОСМИЗМА  
Владимирский Б.М.**

Отмечается, что у самой знаменитой работы А.Л. Чижевского «Физические факторы исторического процесса» имеются достойные предшественники, а некоторые авторы работали с ним параллельно: поэт В. Хлебников, В.А. Барченко, Д.О. Святский, В.И. Анучин, В.М. Бехтерев. То, что отчаянно смелая идея этой работы разрабатывалась целой плеядой исследователей, видимо, обусловлено достаточно широким распространением в русском образованном обществе начала XX века особого мировоззренческого течения, названного позже «русским космизмом».

**Ключевые слова:** А.Л. Чижевский, русский космизм.

**1. РОЛЬ ПЕРВОЙ ПУБЛИКАЦИИ А.Л. ЧИЖЕВСКОГО В ЕГО СУДЬБЕ**

Вспоминая А.Л. Чижевского, нельзя не вспомнить самую первую его публикацию – брошюру «Физические факторы исторического процесса» (1924). По двум причинам. Во-первых, эта работа сыграла роковую роль в судьбе Александра Леонидовича. Хотя она встретила сочувственный интерес со стороны ряда известных ученых как за рубежом (таких, как Ш. Рише, А. де Арсонваль), так и в пределах России (П.П. Лазарев, Н.А. Семашко, К.Э. Циолковский), полемика по её поводу постепенно приобрела характер травли [1]. Сохранилось неопубликованное письмо в тогдашнюю главную газету страны, в котором Александр Леонидович вынужден был признаться в «грубых ошибках», сделанных из-за «недостаточного знакомства... с историческим материализмом». Самое же главное, название этой брошюры, как теперь стало известно [2], фигурировало в обвинительном заключении в связи с его арестом в январе 1942 г. Осужден Александр Леонидович был за «антисоветские высказывания», найденные в отобранном у него дневнике (доносы, понятно, при этом не названы). Но сам факт упоминания брошюры в этом документе показывает, что следователи считали её «преступной». Понятно, что она была изъята из обращения и стала доступна читателям только с 1990 г. после первого переиздания.

Вторая же причина состоит в том, что основной результат многострадальной работы – нарушения социальной стабильности («революции»), если происходят, непременно случаются близ максимума солнечной активности, – по сей день не вошел в научный обиход. И это при том, что существование самой этой закономерности было проверено неоднократно независимыми авторами на различных массивах данных с применением современных исследовательских технологий [3, 4]. Что влияние космической погоды на психику человека обнаружено ныне с полной определенностью для многих показателей (см. например, [5, 6]). Что найдены экологические параметры, передающие эффекты

солнечной активности в среде обитания [7]; продемонстрирована возможность построения качественной модели явления [8]... Все равно, «не нравится» это... Даже те, кто в целом сочувственно относится к другим работам А.Л. Чижевского, нередко высказываются по поводу «Факторов...» не вполне одобрительно, давая понять, что основной вывод этой работы – явное преувеличение, свойственное молодости. Профессиональные историки, как правило, «Факторов...» вообще не замечают... В соответствии с жесткой традицией, история, психика, вообще все виды духовной активности человека продолжают трактоваться как процессы строго автономные, вполне самодостаточные, свободные от каких-либо внешних влияний. Сказывается глубокая междисциплинарная граница между естественнонаучной и гуманитарной ветвями знаний – те самые «две культуры», о которых в свое время писал Ч. Сноу. Для гуманитариев остается нерушимым принцип «свобода воли», полностью исключаящий какое-либо природное вмешательство в человеческое поведение.

## **2. ПРЕДШЕСТВЕННИКИ, ЯВНЫЕ И НЕЯВНЫЕ СОАВТОРЫ «ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ...»**

Александр Леонидович сам датирует начало своих историометрических занятий 1915 г. Примечательно, что экстремально смелая мысль о связи социальных кризисов с вариациями солнечной активности примерно в эти же годы разрабатывалась целым рядом других авторов. А.Л. Чижевский ссылается на заметки Д.О. Святского, опубликовавшего в «Известиях Российского общества любителей мироведения» (том 6, вып. 6, с. 310, 1917 г.) таблицу, иллюстрирующую связь с максимумами числа солнечных пятен революций в Европе. Д.О. Святский (1881-1940), астроном, метеоролог и историк науки, очень сдержанно отреагировал на присланные ему «Факторы...». Насколько можно догадываться, Даниил Осипович уже довольно далеко продвинулся в разработке этой темы на материале истории России. Его занятия были прерваны арестом (1930) и последующей ссылкой. Неизвестно, сохранилась ли его работа. А.Л. Чижевский цитирует также В.М. Бехтерева, полагавшего, что в понятие внешней среды, влияющей на все процессы жизнедеятельности, должно быть включено и космическое окружение нашей планеты. Владимир Михайлович – широко известный физиолог и врач-психиатр (1867-1927) имел в виду космическое влияние на психику (текст относится к периоду ранее 1921 г.)

С обоими этими своими предшественниками Александр Леонидович встречался лично. Но, очевидно, он не был знаком в В.И. Анучиным (1875-?), сибирским этнографом и беллетристом, выпустившем в 1918 г. в Томске брошюру «Социальный закон (закон периодичности в социальных движениях)». Выводы этой работы точно такие, какие сделаны в «Факторах...» (статистика здесь, однако, много скромнее. Автор упоминает, что пришел к основной идее осенью 1913 г.). Сама идея о связи социальных явлений с космической погодой была высказана в одной из статей А.В. Барченко (1911 г.). Этот автор, мистик, одновременно занимавшийся биогеофизикой (1881-1938), больше известен как человек, умудрившийся организовать кружок теософского толка в недрах ОГПУ. Вполне вероятно, что Александр Леонидович был знаком с ним (результаты А.В. Барченко по солнечно-биосферным связям, скорее всего, утрачены). Самый ранний из

предшественников Александра Леонидовича в работе над «Факторами...» – знаменитый поэт Велимир Хлебников. Длительное время он занимался поисками (в его терминах) «законов времени». По своей сути – это одна из первых в истории попыток обнаружить циклы с социальных явлениях, сопряженных с космическими ритмами. В.Хлебников начал работать с «законами времени» в 1905 г. Он частично опубликовал свои результаты в 1922 г. («Доски судьбы», «Листы» 1-3). Разобраться в них можно только после некоторой «дешифровки» [9]. Вот характерный пример из упомянутой публикации: В.Хлебников: «В жизни отдельных людей я заметил особое гремучее время строения  $2^{13}+13^2$ ... Мне кажется, что дух отважного подвига вызван в нем тринадцатой степенью двух, считая от рождения». Перевод: для отдельных людей заметен психоэмоциональный биологический макроритм длительностью в 22 года. Этот период хорошо известен в гелиогеофизике (два 11-летних цикла). В «Досках судьбы» (они теперь опубликованы полностью [10]) фигурируют и другие известные циклы, включая тот же цикл революций 11 лет и цикл «волн Кондратьева» 55 лет (у Хлебникова –  $3^9$  суток). Особое значение Хлебников придавал периоду 365 лет и его удвоенному значению. А.Л.Чижевский и В.Хлебников, видимо, не были знакомы и не знали о результатах друг друга.

Итак, получается, что радикальная идея о влиянии космической погоды на социальные процессы была высказана почти одновременно целой плеядой независимых авторов. Однако, только А.Л.Чижевский реализовал эту идею в виде замкнутой исследовательской программы.

### **3. «РУССКИЙ КОСМИЗМ»**

Какова причина того, что странная для многих и сейчас мысль о связи социальных и космических явлений «носилась в воздухе» в начале XX века? Одно из возможных объяснений состоит в том, что упомянутые выше авторы придерживались определенной мировоззренческой установки. Но именно такое мироощущение – сопричастности человека к космическим процессам – было весьма характерно в эпоху «серебряного века» нашей отечественной культуры. Этот круг идей, образов и настроений получил название «русского космизма» (акцент в этом определении следует делать скорее на географическом, нежели национальном аспекте).

Базовые идеи «русского космизма» были сформулированы в самом конце XIX в. целым рядом глубоких и оригинальных российских мыслителей. В первую очередь, здесь называют имена Н.Ф. Федорова, Н.В. Сухова-Кобылина, В.С. Соловьева, К.Э. Циолковского, П.А. Флоренского, С.Н. Булгакова. Естественнонаучная ветвь этого философского течения представлена именами Н.А.Морозова, Н.А.Умова, В.М.Бехтерева, В.И. Вернадского. «Русский космизм» оставил глубокий след в самых различных областях духовной активности эпохи, включая литературу – поэзию, изобразительное искусство, музыку. Как концепция «русский космизм» может быть охарактеризован следующими основными положениями:

- Мир-Вселенная воспринимается как единая эволюционирующая система;
- Объединенное человечество, со своей хозяйственной и культурной деятельностью, – неотъемлемая часть этой эволюции;

- человечеству на планете – космическому экипажу с ограниченными ресурсами – неминусею предстоит осваивать космическое пространство;
- грядущая космическая экспансия человечества, вероятно, – его особая миссия;
- осуществление этой миссии требует глобального синтеза знаний и перехода на неизмеримо более высокий уровень этики.

«Русский космизм» как культурный феномен относительно малоизучен (более подробно о нем см., например, [11, 12]).

Если Вселенная и человечество образует систему, конечно, вполне правомерна постановка вопроса о влиянии одного элемента системы на другой ее элемент. Так естественно возникает идея связи «космическая погода – биосфера-ноосфера». Анализ философских-мировоззренческих установок А.Л. Чижевского [13] не оставляет сомнений в его принадлежности к естественнонаучной ветви космизма. Это же справедливо, видимо, для Д.О. Святского и В. Хлебникова [12]. В общем, феномен А.Л. Чижевского и его «Физические факторы...» возникли не на пустом месте и вовсе не случайно.

#### **4. ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ**

В последние десятилетия стремительно возрастает корпус эмпирических данных, свидетельствующих о справедливости основного вывода автора «Физических факторов...» о связи социальных явлений с вариациями космической погоды. Установлены корреляции с космофизическими индексами таких процессов как появление спонтанных галлюцинаций или суицидальное поведение. Прямыми измерениями выявлена связь с этими индексами показателей электроэнцефалограмм мозга человека. Успешно изучается связь с космической погодой творческой продуктивности, включая глобальные вспышки творческой активности – такие как «осевое время» К. Яспера или Возрождение. Новое дыхание обсуждаемая проблема обретает в связи с развитием клиометрики и проникновением идей и методов синергетики в описание исторических процессов. Все это происходит в связи с «космизацией» многих областей знаний и переформулировкой идей «русского космизма» в понятиях современной науки – например, в известных работах Н.Н. Моисеева. Сказанное позволяет с оптимизмом смотреть на развитие будущих исследований проблемы «космос-ноосфера». Пожалуй, наступает время, когда можно по достоинству оценить проницательность и интуицию А.Л. Чижевского и других космистов нашего Отечества.

#### **Список литературы**

1. Манакин А.В., Энгельгардт Л.Т. Физические факторы исторического процесса в судьбе автора // Сборник избранных трудов научных молодежных Чтений памяти А.Л. Чижевского. – 1996. – Вып. 1. – С. 128-136.
2. Сергеев В.И. А.Л. Чижевский или тайны великого наследия. – М., 2006. – 639 с.
3. Путилов А.А. Неравномерность распределения исторических событий в пределах 11-летнего солнечного цикла // Биофизика. – 1992. – Т. 37, №4. – С. 629-635.
4. Ertel S. Space weather and revolutions: Chizevsky's Heliobiological Slaim Scrutinized // Studia pshyhologica. – 1996. – V. 38, N 1/2. – P. 3-22.
5. Persinger M. Schaut G. Geomagnetic factors in subjective telepathic, precognitive and postmortem experiences // Journal of American Society for Physical Research. – 1998. – V. 82. – P. 217-235.
6. Кануников И.Е. Волкова М.А., Киселев Б.В. Влияние колебаний геомагнитного поля на ЭЭГ человека // Труды 7-й Пулковской межд. конференции по физике Солнца. – СПб, 2003. – С. 225-230.

**К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А.Л. ЧИЖЕВСКОГО.  
А.Л. ЧИЖЕВСКИЙ И ФЕНОМЕН РУССКОГО КОСМИЗМА**

---

7. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу-ноосферу (гелиобиология от А.Л. Чижевского до наших дней). – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 373 с.
8. Владимирский Б.М. Космическая погода и социальные явления // Земля и Вселенная. – 2003. – №3. – С. 82-87.
9. Владимирский Б.М. «Числа» в творчестве Хлебникова. Проблема автоколебательных циклов в социальных системах // Мир В.Хлебникова. – М.: Языки русской культуры, 2000. – С. 723-732.
10. Хлебников В. Доски судьбы. – М.: «Рубеж столетий», 2000. – 288 с.
11. Грезы о Земле и Небе – антология русского космизма. – СПб: Художественная литература, 1995. – 528 с.
12. Владимирский Б.М., Кисловский Л.Д. Путиями русского космизма (очерки). (В печати).
13. Казютинский В.В. Космизм А.Л. Чижевского // Из истории ракетно-космической техники. – Вып. 2. – М.: ИИЕТ РАН, 1998. – С. 98-122.

**Володимирський Б.М. До 110-річчя з дня народження А.Л. Чижевського і феномен російського космізму** // Учені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2007. – Серія «Біологія, хімія». – Т. 20 (59), № 1. – С. 3 – 7.

Видзначено, що у найзнаменитішій роботі А.Л. Чижевського «Фізичні чинники історичного процесу» є гідні попередники, а деякі автори працювали з ним паралельно: поет В. Хлібніков, В.А. Барченко, Д.О. Святський, В.І. Анучин, В.М. Бехтерев. Те, що відчайдушно смілива ідея цієї роботи розроблялася цілою плеядою дослідників, мабуть, обумовлене достатньо широким розповсюдженням в російському освіченому суспільстві на початку ХХ століття особливої світоглядної течії, названої пізніше «російським космізмом».

**Ключові слова:** А.Л. Чижевський, російський космізм.

**Vladimirsky B. M. To 110<sup>th</sup> anniversary from the day of birth of A.L. Chizhevsky and phenomenon of the Russian kosmizm** // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry" . – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 3-7.

It is marked that at the most famous work of A.L. Chizhevsky the «Physical factors of historical process» are present deserving predecessors, and some authors worked with him parallel: poet I. Khlebnikov, V.A. Barchenko, D.O. Svyatskiy, V.I. Anuchin, V.M. Bekhterev. That hotshot the bold idea of this work was developed the whole pleiad of researchers, apparently, is conditioned wide enough distributed in Russian well-educated society at the beginning of XX age the special world view ideological direction, named later «Russian kosmizmom».

**Keywords:** A.L. Chizhevskiy, Russian kosmizm.

УДК 574.4

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ГИПОТЕЗЫ СОЛНЕЧНО-БИОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ

*Мартынюк В.С., Темуриянц Н.А.*

В обзорной работе анализируется современное состояние проблемы влияния слабых электромагнитных полей на живые системы в свете гипотезы о том, что вариации электромагнитного фона, контролируемые космической погодой, могут выступать в качестве главного посредника в солнечно-биосферных связях.

**Ключевые слова:** солнечная активность, биологические эффекты электромагнитных полей.

С тех пор, как были обнаружены пятна на Солнце, а также тот факт, что ни периодически появляются и исчезают, не утихали споры о том, влияет ли это каким-либо образом на Землю. Уже в конце 19-го начале 20-го веков стало окончательно ясно, что на Солнце постоянно протекают сложные динамические процессы, одним из проявлением которых является комплекс явлений, который получил название «солнечной активности». Если космические факторы оказывают какое-то воздействие на биосферу, то в первую очередь необходимо было выяснить основные эмпирические закономерности такого влияния. Впервые такую масштабную работу осуществил А.Л. Чижевский еще в начале 20-го века [69,70]. В настоящее время существует огромный массив данных, свидетельствующий о связи земных процессов с солнечной активностью. Список феноменов постоянно расширяется. Сейчас предельно ясно, что данная научная проблема является классическим примером междисциплинарных усилий ученых разного профиля – биологов, медиков, физиков, химиков, историков, искусствоведов и др. Новые данные по этому вопросу публикуются в специализированных научных журналах [7, 11, 20]. Междисциплинарные проблемы обсуждаются в монографиях [1, 6, 12-15 ] и на научных конференциях, среди которых Крымская международная конференция «Космос и биосфера» стала наиболее представительной в этой области знаний.

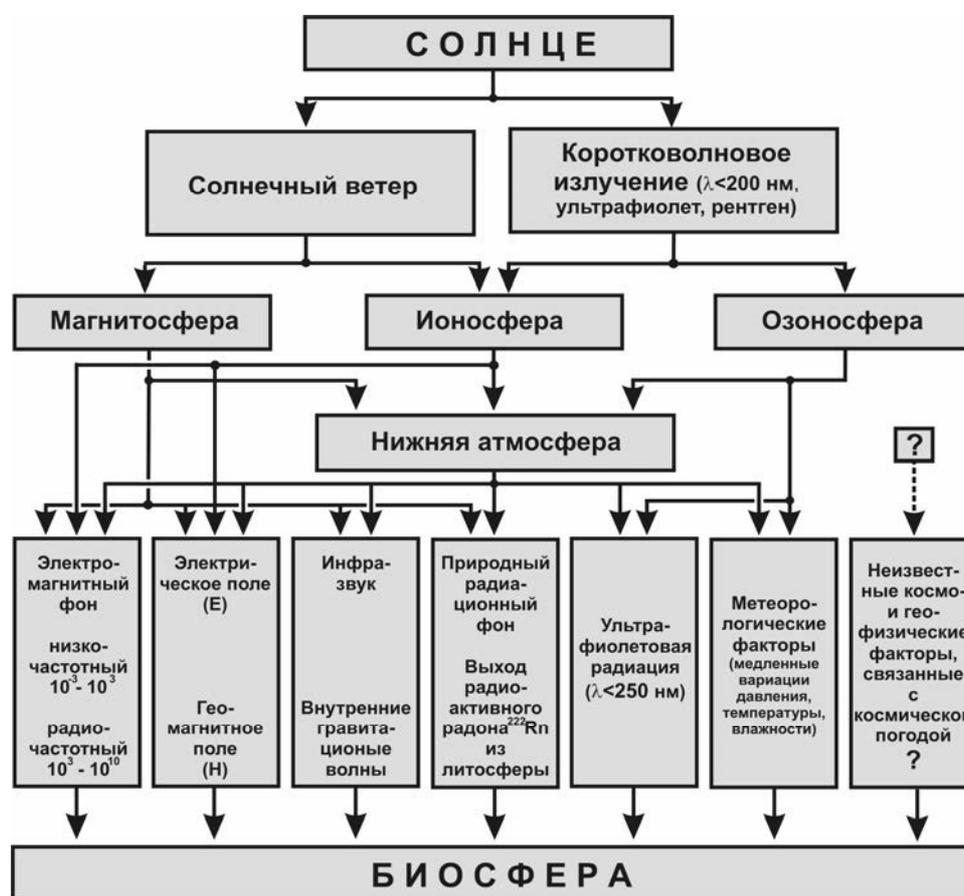
Однако, несмотря на обилие достоверных фактов, свидетельствующих о связи биологических процессов с солнечной активностью, по-прежнему малопонятными остаются физические и биологические механизмы, отвечающие за реализацию такой связи. В конечном итоге суть проблемы сводится к поиску ответов на два главных самых главных вопроса: какие экологические факторы, контролируемые солнечной активностью, оказывают непосредственное воздействие на биологические системы и каковы биологические механизмы, определяющие разнообразие реакций живых организмов на воздействие этих факторов?

Ответ на первый вопрос в настоящее время более-менее ясен и он лежит в области исследований солнечно-земной физики. В самых общих чертах пути воздействия солнечной активности на среду обитания показаны на рисунке 1. Здесь выделены два основных канала воздействия – через изменения коротковолнового излучения и ионосферу (солнечная активность) и через изменения в солнечном ветре – магнитосферу (геомагнитная активность). Уместно еще раз подчеркнуть, что в первом случае

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ГИПОТЕЗЫ СОЛНЕЧНО-БИОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ

воздействие суммируется по всему солнечному диску (по всем активным областям), во втором – влияние ограничивается активными областями в узкой зональной области данного солнечного полушария с запаздыванием в 2-4 дня. Здесь не показан еще один возможный канал связи, который значительно реже обсуждается в литературе. Это космические лучи галактического и солнечного происхождения, поток которых модулируется солнечным ветром.

В среде обитания на живые организмы действует комплекс факторов. Ряд факторов, такие как электромагнитные поля крайне низких частот, проникают в лито- и гидросферу, оказывая воздействие практически на все живые организмы биосферы. Другие факторы могут оказывать действие только на ограниченных пространствах и их параметры сильно зависят от состояния атмосферы (радиочастотный электромагнитный фон, инфразвук, электрическое поле, ультрафиолетовое излучение и др.).



**Рис. 1.** Общая схема влияния солнечной активности на Биосферу. Показаны два основных канала воздействия: через солнечный ветер – магнитосферу и через коротковолновое излучение – ионосферу и озоносферу. Отсутствие стрелки на правой крайней части схемы означает, что на нынешнем этапе исследований не все пути воздействия космофизических факторов раскрыты.

Ясный ответ на второй вопрос, т.е. о биологических механизмах действия слабых факторов, который по своей сути является фундаментальным биофизическим, пока еще остается открытым. Это связано, с одной стороны, со сложностью исследований влияния крайне слабых факторов на фоне сильных экспериментально неконтролируемых шумов, а с другой, - с отсутствием ясных физических теоретических представлений о механизмах воздействия таких слабых факторов. Эти обстоятельства часто являются причиной острых дискуссий, необоснованной критики, а порой откровенного недоверия к перечисленному кругу научных проблем. Тем не менее, имеющийся современный массив экспериментальных данных позволяет сделать некоторые выводы, о которых пойдет речь ниже. В рамках одной статьи невозможно рассмотреть весь массив данных о влиянии экологических факторов, представленных на рис. 1. Поэтому авторы сосредоточили свое внимание на «электромагнитной гипотезе», которая в настоящее время является наиболее экспериментально обоснованной.

Экспериментальное обнаружение биологической активности слабых (сверхслабых) электромагнитных полей – одно из самых важных достижений современной биофизики и экологии. В настоящее время природные электромагнитные поля рассматривают в качестве главного посредника между активностью солнца и биологическими процессами. Это и не удивительно, потому что наибольшее количество корреляций биологических процессов с солнечной активностью выявлено с использованием гео- и гелиофизических индексов, которые в той или иной степени характеризуют электромагнитную обстановку окружающей среды. Постепенно становится понятным, что вариации амплитуд электромагнитных колебаний на разных частотах тоже необходимо рассматривать как особый экологический фактор фундаментальной важности.

Идея экспериментальной проверки биологической активности электромагнитных полей, близких по своим частотным и амплитудным характеристикам к природным, возникла практически сразу после того, как были установлены основные механизмы воздействия солнечной активности на защитные оболочки Земли. Однако в то время большинство исследователей были убеждены в том, что низкочастотные электромагнитные поля не могут вызывать какие-либо реакции со стороны живых организмов, потому что энергия таких воздействий на несколько порядков меньше энергии, приходящейся на единицу степени свободы теплового движения молекул. Поэтому вопрос о биологической активности и экологической значимости природных электромагнитных полей автоматически снимался с рассмотрения. В такой обстановке накопление экспериментальных данных о влиянии электромагнитных полей нетепловой интенсивности проходило медленно и крайне трудно. Экспериментальные данные о высокой чувствительности живых организмов к таким воздействиям встречались научной общественностью с откровенным недоверием.

Ситуация изменилась после публикаций *А.С. Пресмана* [45]. Он обобщил имеющиеся на тот момент экспериментальные данные и выдвинул три принципиально важных постулата, которые стали базовыми в последующем становлении и развитии нового раздела современной биофизики – электромагнитной биологии неионизирующего излучения. Коротко их можно сформулировать следующим образом: природные и техногенные электромагнитные поля влияют на биологические процессы; внутренние

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ГИПОТЕЗЫ СОЛНЕЧНО-БИОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ**

---

электромагнитные поля живых организмов участвуют в регуляции биологических процессов; электромагнитные поля принимают участие в коммуникации между организмами. Такой подход привел к появлению концепции об информационной роли электромагнитных полей в биосфере, которая получила серьезное экспериментальное обоснование. Итак, что же сегодня известно о биологической активности слабых электромагнитных полей?

Экспериментальный массив данных по биологической активности слабых электромагнитных полей в настоящее время огромен, и авторы не имеют возможности в рамках одной статьи посвятить читателя во все тонкости этой проблематики. Эта проблема касается не только экологической и медико-биологической значимости природных электромагнитных полей, но и в большей степени электромагнитных излучений техногенного происхождения в широком диапазоне частот. Поэтому рассмотрим только отдельные аспекты электромагнитного воздействия на живые организмы, которые принципиально важны для понимания возможных путей влияния природного электромагнитного фона на биологические процессы.

Перед тем, как рассматривать вопросы биологической активности слабых электромагнитных полей, необходимо определиться в том, как следует понимать термин «слабые». Необходимо отметить, что в электромагнитной биологии четкого критерия «слабого» или «сильного» электромагнитного воздействия не существует в силу высокой чувствительности и нелинейности ответа живого организма на то или иное электромагнитное воздействие. Тем не менее, «слабыми» часто называют такие воздействия, которые не приводят к разогреву биологических тканей. Более точный критерий, который позволяет называть такие воздействия слабыми, - это величина энергии воздействия, которая по своему уровню не должна быть больше энергии, приходящейся на единицу степени свободы теплового движения простых молекул. Однако по отношению к низкочастотным магнитным полям применяют другие критерии «слабости». Очень часто «слабыми» называют такие низкочастотные магнитные поля, амплитуда которых ниже установленных предельно допустимых уровней для жилых и офисных помещений, в данном случае это диапазон ниже 100 микротесла. Для сравнения можно привести такие данные: средняя напряженность (индукция) постоянного магнитного поля Земли составляет приблизительно 50 микротесла, а амплитуда его медленных вариаций может достигать до 1 микротесла; уровень электромагнитного фона, создаваемого электротехническими устройствами в обычных помещениях, в которых проводятся эксперименты, находится в пределах от нескольких десятков до нескольких сотен нанотесла; уровень электромагнитного фона на частотах Шумановского резонанса для электрической компоненты составляет десятые доли милливольт на метр, а для магнитной компоненты – доли-единицы нанотесла. В этой связи важно отметить, что реакции живых организмов экспериментально обнаружены для магнитных полей начиная с единиц пикотесла [101].

Биологические эффекты электромагнитных полей крайне низких частот (менее 300 Гц), близких по своим отдельным характеристикам к природным обнаруживаются на всех уровнях организации живых систем. Этой проблеме посвящено ряд добротных обзорных работ и фундаментальных монографий [6, 60].

**Влияние на центральную нервную систему.** Воздействие слабых магнитных полей крайне низких частот влияют на электрическую активность мозга животных и человека, при этом энцефалографические данные показывают усвоение разных частот действующего поля [80, 92]. Слабые низкочастотные магнитные поля угнетают развитие условных рефлексов [49, 98], и изменяют зоосоциальное поведение животных [50]. Одной из причин развития торможения на уровне интегративной деятельности центральной нервной системы являются повышения в активности серотонинэргических систем [106], контролируемых уровнем мелатонина в крови, который в свою очередь определяется функциональной активностью особой нейроэндокринной железой головного мозга - эпифиза [79, 100]. Эффекты действия магнитных полей крайне низких частот на поведение и условно-рефлекторную деятельность животных связывают с изменениями также и в холинэргическом медиаторном звене. В исследованиях показано, что причиной снижения холинэргической активности является активация опиоидной системы мозга [86]. Такие изменения в нейромедиаторных системах головного мозга, вероятно, могут быть одной из причин магнитоиндуцированного повышения алкогольного влечения у животных, находящихся в условиях стресса [39]. Важно также то, что слабые электромагнитные поля крайне низких частот влияют на параметры межполушарной асимметрии, которая является одной из фундаментальной характеристикой интегративной деятельности головного мозга [35]. Данные результаты позволяют в определенной степени объяснить наблюдаемый феномен зависимости распределения острых мозговых нарушений кровообращения в полушариях мозга от фазы цикла солнечной активности, обнаруженной *Цыганковым К.В. и соавт.* [67]. В независимых исследованиях показано влияние магнитных полей крайне низких частот на метаболические процессы в разных структурах центральной нервной системы, при этом характер этого влияния сильно зависит от индивидуально-типологических особенностей животных [35]. Это обуславливает разнообразие физиологических реакций в популяции животных на действие переменных магнитных полей, которое не всегда учитывается исследователями при поиске корреляций биологических процессов с вариациями природного электромагнитного фона.

Один из основателей советской электромагнитной биологии *Ю.А. Холодов* [65, 66] считает, что из трех основных структурных элементов нервной ткани - нейрон, глия, кровеносный сосуд - наиболее чувствительной к магнитным полям является глия. При этом детальное изучение самых начальных реакций мозга в течение первых секунд и минут воздействия электромагнитных полей позволило *Холодову Ю.А.* сделать важный вывод о неспецифичности таких реакций на уровне центральной нервной системы [66]. Этот исследователь предлагает называть такую реакцию НАРМ-реакцией, т.е. «начальной адаптационной реакцией мозга». Принципиальным моментом такой системной неспецифической реакции является то, что при НАРМ-реакции еще не наблюдается никаких изменений со стороны периферических органов и тканей.

Исследовательская группа под руководством академика РАН *Агаджаняна Н.А.* [1] в лабораторных условиях моделировала короткопериодные магнитные пульсации с частотами 0.05 – 5 Гц 100 нТл, которые по своим характеристикам близки к пульсациям геомагнитного поля. Результаты их исследований показали, что такие МП КНЧ повышают спонтанную ритмическую активность нервных клеток мозжечка, что доказывает возможность прямого влияния МП КНЧ на функциональную активность отдельных нейронов и их ассоциатов.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ГИПОТЕЗЫ СОЛНЕЧНО-БИОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ**

---

Таким образом, краткий анализ имеющегося в настоящее время большого массива экспериментальных данных указывает на то, что в ответ на действие электромагнитных полей, близких по своим частотным и амплитудным характеристикам к природным, со стороны центральной нервной системы наблюдаются разнообразные реакции, начиная с изменений реализации программ поведения и заканчивая элементарной биохимической и биофизической организацией нервных процессов.

**Влияние на нейроэндокринную регуляцию.** Широко известно, что эндокринные железы и, в частности, система гипоталамус-гипофиз-кора надпочечников играют важную роль в неспецифических защитно-приспособительных реакциях организма на воздействие разнообразных факторов внешней среды, в том числе и на действие электромагнитных полей [4]. Поэтому не удивительно, что в исследованиях биологической активности слабых электромагнитных полей обнаруживаются разнообразные реакции со стороны данного звена нейроэндокринной системы организма. В частности, повышается активность симпатoadреналовой системы и увеличивается накопление адреналина в эритроцитах [56], сдвигаются параметры ее биоритмов [58, 61]. Результаты многочисленных исследований показывают фазную активацию гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, реакции со стороны щитовидной железы, половых желез [19].

В системных механизмах воздействия электромагнитных полей на живые организмы важную роль играет эпифиз, который по последним данным, участвует в регуляции циркадианного ритма посредством специального гормона – мелатонина [62]. Эпифиз вовлекается в регуляцию разнообразных физиологических и иммунных процессов, что во многом объясняется существованием многочисленных взаимосвязей с различными структурами мозга и эндокринными железами. Показано, что, оказывая сложное влияние на состояние гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, эпифиз взаимодействует с различными эндокринными органами, среди которых гонады, надпочечники, щитовидная и поджелудочная железы. Причем указанное влияние имеет, главным образом, сдерживающий, ингибирующий характер. Одновременно с этим мелатонин является важным и тонким модулятором активности разных звеньев иммунной системы. Анализ многочисленных литературных данных свидетельствует о том, что слабые магнитные поля самых различных характеристик вызывают принципиально одинаковые изменения в функциональной активности эпифиза, которые приводят к снижению концентрации мелатонина в крови.

**Влияние на сердечно-сосудистую систему.** Одной из магниточувствительных систем организма является сердечно-сосудистая система, а ее функциональные изменения, скорее всего, являются результатом нарушения транспорта кислорода в тканях. Слабые магнитные поля, в зависимости от условий эксперимента, могут оказывать аритмогенное действие на функции сердца [27] или снижать показатель вариабельности сердечного ритма [102]. Это в обоих случаях рассматривается как неблагоприятный фактор, свидетельствующий о напряженной работе регуляторных механизмов, контролирующих работу сердца.

**Влияние на систему крови и иммунитет.** Эффекты воздействия слабых магнитных полей крайне низких частот хорошо выявляются на показателях системы крови и зависят от частоты, интенсивности и экспозиции воздействия [56]. В первые часы воздействия, как правило, наблюдается лейкопения, т.е. происходит снижение количества лейкоцитов

в крови [32]. Одновременно в режиме колебаний изменяются показатели функциональной активности лейкоцитов [61]. Действие магнитных полей также проявляется в активизации противосвертывающей системы крови [47]. Важным является тот факт, что были найдены частотные «окна», в которых наблюдались более выраженные биоэффекты синусоидальных и импульсных переменных магнитных полей крайне низких частот с амплитудами 5,1; 51 и 5100 нТл. Так показатели периферической крови существенно изменялись только в результате воздействия отдельных частот: 0,02; 0,55; 5,5; 9,5 и 80 Гц [56].

Иммунная система также демонстрирует высокую чувствительность к действию электромагнитных факторов. Установлено, что при действии электромагнитных полей изменяются факторы гуморального естественного иммунитета [22], при этом лейкоцитарное звено проявляет наиболее высокую чувствительность к этому воздействию. Хроническая экспозиция в МП КНЧ может подавлять активность некоторых клонов клеток иммунной системы и тем самым способствовать развитию разного рода иммунодефицитов и снижению защиты организма от перерождающихся клеток [93]. Однако есть данные и о магнитно-полевой активации иммунных процессов, когда магнитно-полевое воздействие приводило к повышению синтетического потенциала лимфоцитов и тимоцитов, т.е. магнитные поля крайне низких частот способствуют восстановлению исходно сниженных клеточных характеристик до субнормальных и даже нормальных значений. Нормализующее и «антистрессорное» влияние слабых переменных магнитных полей 8 Гц на животных обнаружено в исследованиях *Темуриянц Н.А. и соавт.* [56, 57].

Как известно, одним из важных клеточных элементов иммунного происхождения в разных тканях организма человека и животных являются тучные клетки, синтезирующие и секретирующие биологически активные регуляторы - гепарин, гистамин, серотонин, катехоламины. Магнитное поле вызывает увеличение количества тучных клеток и повышает их функциональную активность, что свидетельствует о важной роли тучных клеток в изменении реактивности организма на воздействие магнитных полей, на активное участие их в иммунорегуляторном цикле. Авторами были проведены специальные исследования реакции тучных клеток на действие магнитного поля частотой 8 Гц в условиях *in vitro* [36, 37]. Было показано, что тучные клетки непосредственно реагируют на магнитно-полевое воздействие повышением своей функциональной активности, при этом слабая, но достоверная реакция данных клеток была обнаружена для интенсивностей магнитного поля порядка несколько десятков нанотесла. Эта реакция усиливалась с увеличением амплитуды переменного магнитного поля. На основании этих фактов был сделан вывод о том, что данные клетки и им подобные (клетки APUD-системы) в организме человека и животных могут выступать в роли неспецифических акцепторов магнитно-полевого воздействия, вызывая комплекс неспецифических тканевых и системных реакций, которые давно описаны в литературе, но не имели единого объяснения.

**Влияние на обмен веществ.** Многочисленные исследования показывают, что воздействие переменных магнитных полей на организм животных и человека приводят к изменениям активности углеводного обмена [26], при этом отмечается угнетение кислородного энергетического звена и активации бескислородного - гликолитического.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ГИПОТЕЗЫ СОЛНЕЧНО-БИОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ**

---

Основываясь на данных литературы, можно предположить, что такие метаболические сдвиги являются отражением развития гипоксии в разных тканях организма и активации анаэробных путей энергетического обмена в клетках тканей [54]. Существенным моментом при действии магнитных полей крайне низких частот является изменение показателей липидного обмена. При многократном воздействии магнитным полем происходит уменьшение содержания липидов в крови и в печени экспериментальных животных [68]. Это указывает на то, что в результате развития неспецифической адаптационной реакции организма в ответ на многократное действие магнитным полем происходит переключение метаболизма с углеводного типа на липидный. Причем, на фоне количественных изменений наблюдаются и качественные сдвиги липидного состава. Одновременно с этим наблюдаются изменения со стороны системы транспорта липидов в крови, в том числе и такие, которые в зависимости от параметров электромагнитного воздействия носят анти- или наоборот проатеросклеротический характер.

В ряде исследований показано влияние слабых магнитных полей на процессы свободнорадикального окисления липидов [31]. Одновременно с этим изменяется активность разных звеньев антиоксидантной системы, которая контролирует активность свободнорадикальных процессов в клетках. Наиболее чувствительным звеном этой системы является тиол-дисульфидный обмен, контролирующий количество тиоловых групп, которые активно реагируют со свободными радикалами. Подтверждением данных о влиянии магнитных полей на свободнорадикальные процессы могут служить работы, посвященные изучению влияния данного фактора на химические реакции с участием тиоловых соединений [43]. В этой связи важно отметить, что реакции окисления тиоловых соединений являются классическим примером «гелиочувствительных» физико-химических процессов [53].

Обнаружены изменения водно-солевого баланса в разных тканях животных, находящихся в магнитном поле, в частности выявляется повышение гидратации тканей под влиянием магнитных полей, которое зависит от времени экспозиции и типа биологической ткани. Наиболее чувствительными и реактивными являются нервная ткань и миокард.

**Неспецифичность системного ответа организма.** В настоящее время убедительно доказано, что в ответ на единичное или длительное воздействие магнитных полей, близких по своим частотным характеристикам к природным, у животных развивается неспецифическая адаптационная реакция [19, 56, 57]. При этом указанная адаптационная реакция характеризуется повышением уровня неспецифической резистентности, которая проявляется в возрастании функциональной активности лимфоцитов и повышением активности антисвертывающей системы крови. Поведенческая адаптация проявляется в усилении процессов торможения в центральной нервной системе и повышении физиологического резерва симпатoadреналовой системы. В данных исследованиях обнаружен интересный феномен «антистрессорного» действия слабого магнитного поля частотой 8 Гц, когда у нормальных животных данный фактор вызывал адаптивную активацию системы неспецифической резистентности организма, тогда как у стрессированных животных воздействие слабым магнитным полем приводило к частичной нормализации функциональных показателей деятельности иммунной и симпатoadреналовой систем. На основании результатов исследований реакции организма

человека и животных на действие низкочастотных магнитных полей предложена классификация адаптационных реакций, которая в настоящее время широко используется в физиологических исследованиях [19]. Согласно этой классификации существует три основных типа неспецифических адаптационных реакций, которые развиваются на действие слабых, средних и сильных по интенсивности факторов – реакция активации, реакция тренировки и стресс-реакция (по *Селье*). В ответ на действие слабых переменных магнитных полей развивается, как правило, неспецифическая адаптационная реакция активации. При длительном и более сильном воздействии может развиваться реакция тренировки. При этом классическую стресс-реакцию по *Селье* на действие магнитных полей получить практически не удается.

***Индивидуальная чувствительность и реактивность организма.*** В современной электромагнитной биологии остро стоит проблема индивидуальной чувствительности и гиперчувствительности к электромагнитным полям, которая пока что в основном изучается в основном на феноменологическом уровне. В отдельных исследованиях показано, что чувствительность животных к магнитным полям коррелирует с повышенной активностью свертывающей системы, повышенным потреблением алкоголя и повышенной активностью опиоидной системы [39]. Однако комплексных экспериментальных исследований, посвященных данному вопросу, крайне мало. Наиболее детально проблему индивидуальной чувствительности и реактивности животных на действие магнитных полей крайне низких частот экспериментально исследовали в Таврическом национальном университете исследовательская группа под руководством *Н. А. Темурияц* [35, 59]. Индивидуально-типологические особенности животных определяли с помощью теста «открытого поля». По результатам тестирования животные были разделены по разным группам в соответствии с их поведением в «открытом поле»: низко, средне и высокоактивные. Как известно, поведение в «открытом поле» коррелирует с такими показателями, как уровень стресс-гормонов в крови, устойчивость организма к действию стресс-факторов разной природы, к фармакологическим препаратам и ксенобиотикам. Авторами было обнаружено, что у животных с разным типом поведения в «открытом поле» в ответ на действие МП частотой 8 Гц наблюдаются разные изменения со стороны функциональной активности нейтрофилов и лимфоцитов, а также симпато-адреналовой системы. У низкоактивных животных наблюдалась более сильная активация симпатоадреналовой системы и повышение возбудимости, тогда как у высокоактивных проявлялись признаки снижения возбудимости центральной нервной системы. Исследование метаболического состояния разных структур головного мозга животных в условиях воздействия магнитным полем также подтвердило зависимость реакции организма от его индивидуально-типологических характеристик [35]. Интересной особенностью реакции организма животных на действие слабых магнитных полей является ее зависимость от исходного состояния того или иного органа или функциональной системы. Если для органа или функциональной системы исходно характерен высокий уровень активности, то в ответ на действие слабого магнитного поля, как правило, происходит снижение активности и наоборот. В результате такой реакции исследователи достаточно часто наблюдают эффект нивелирования различий между экспериментальными индивидуально-типологическими группами. В этой связи уместно отметить тот факт, что экранирование

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ГИПОТЕЗЫ СОЛНЕЧНО-БИОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ**

---

животных от воздействия фоновых электромагнитных полей приводит к обратному эффекту, т.е к усилению их индивидуальных различий [44].

На основании имеющегося массива данных уже сейчас ясно, что эмоциональная сфера животных с низкой активностью в «открытом поле» более чувствительна к действию слабых магнитных полей, чем у более активных животных. Таким образом, можно считать экспериментально доказанным тот факт, что в популяции организмов всегда существуют своего рода «организмы-сенситивы», демонстрирующие повышенную чувствительность и реактивность к действию слабых электромагнитных факторов. Данная проблема имеет очень важное теоретическое и практическое значение, но все еще остается плохо изученной.

**Влияние на эмбриогенез.** В магнитобиологических исследованиях периодически обращают внимание на влияние электромагнитных полей на эмбриональное развитие, так как можно ожидать, что любые незначительные изменения в развитии функциональных систем организма могут проявиться после его рождения. Подобные исследования актуальны, однако крайне трудны в постановке экспериментов, что, видимо, объясняет немногочисленность исследований в этом направлении. В отдельных исследованиях показано, что экспозиция куриных эмбрионов в магнитном поле повышает вероятность гибели эмбрионов. При этом эффективность негативного влияния магнитного поля более высокая, если воздействие осуществляется в критические фазы эмбрионального развития [87]. Негативное влияние магнитных полей, по всей видимости, начинается с некоторых пороговых значений [85], а влияние магнитных полей более низких (подпороговых) амплитуд остается неизученным. Ряд исследований показывает, что на стадии гаструлы эмбрионы наиболее чувствительны к действию слабых магнитных полей [87]. Одной из главных мишеней влияния переменных магнитных полей рассматривают сложную систему электрических токов в эндогенном электрическом поле эмбриона, которая играет важную роль в реализации программы развития организма [96].

**Влияние на биологические ритмы.** Как известно, динамика биологических систем характеризуется широким спектром периодов - от микро- и внутрисуточных до многолетних биоритмов. Согласование спектра биологических процессов с периодами гео-гелиодинамики позволяет предположить наличие явления синхронизации биологических ритмов внешними датчиками времени. *Wever R.A.* [105] один из первых показал синхронизирующее влияние слабых переменных электромагнитных полей на суточную ритмику организма человека, находящегося в экспериментальных условиях изоляции от воздействия природных факторов внешней среды. В биоритмологических исследованиях, проведенных в Таврическом национальном университете исследовательской группой *Темурьянц Н.А.*, магнитное поле частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл при ежедневном трехчасовом воздействии в течение 45 суток на животных приводило к сдвигу фазу инфрадианных (многосуточных) периодов разнообразных физиологических процессов. Данные факты связывают с изменениями временной организации в инфрадианном диапазоне биоритмов системных регуляторных процессов на уровне центральной и вегетативной нервной системы.

В многочисленных исследованиях показано нарушение суточного ритма секреции эпифизом гормона мелатонина. Но при десинхронозе, вызванном удалением эпифиза, периодическое воздействие магнитным полем оказывает стабилизирующее действие на

временную организацию физиологических процессов [62], что свидетельствуют о наличии альтернативных механизмов влияния магнитных полей, не требующих участия эпифиза.

Воздействие магнитных полей крайне низких частот не только изменяет параметры биоритмов, но и нивелирует исходные различия в параметрах временной организации физиологических процессов у животных с разными индивидуально-типологическими особенностями. Это является доказательством того, что периодически воздействующее слабое магнитное поле является синхронизирующим фактором, в ответ на действие которого у животных формируется соответствующий биоритмологический паттерн, который по своим параметрам становится близким у всех животных, независимо от первоначальных различий. Одним из наглядных примеров такого воздействия является выраженный синхронизирующий эффект магнитного поля частотой 8 Гц для ультрадианных (внутрисуточных) ритмов [31]. Важно то, что синхронизирующий эффект сохраняется некоторое время после прекращения магнитного воздействия.

**Влияние на клеточном и молекулярном уровне.** Исследования показывают, что слабые переменные магнитные поля изменяют скорость созревания и дифференциации развивающихся нейронов [91]. Магнитно-полевое воздействие достоверно влияет на транскрипцию разнообразных генов [81], при этом эффекты на этом уровне зависят от частоты магнитного поля [82]. Обработка клеточных культур низкочастотным магнитным полем приводит к появлению в цитоплазме и ядре клеток белков теплового шока, что свидетельствует об активации неспецифических механизмов клеточной защиты [104]. Наблюдаемые эффекты активации синтеза белков теплового шока зависят от амплитуды воздействующего магнитного поля, повышение амплитуды которого с 0,8 мкТл до 800 мкТл эквивалентно эффекту разогрева исследуемых клеточных культур с 20°C до 45°C [76]. Дальнейшие исследования показали, что к воздействию низкочастотных магнитных полей чувствительны отдельные участки ДНК, обогащенные пСТСТп-последовательностями. Эти последовательности входят в состав промоторных (регуляторных) участков генов разных белков, в том числе и белков теплового шока [90].

Обнаружено влияние слабых магнитных полей крайне низких частот на устойчивость хроматина к действию ферментов, расщепляющих ДНК [40]. Эти изменения связаны со снижением активности белков-ингибиторов. В свою очередь это свидетельствует о магнито-индуцированных конформационных изменениях в структуре белка-ингибитора, приводящих к потере его функциональной активности. Структурные изменения ДНК-белкового комплекса обнаружены и у прокариот [73, 74]. При этом максимальные эффекты регистрировали на частотах, близких к частотам ионосферного волнового - 8,9, 15,5 и 29,4 Гц у мутантных форм, и на частотах 8,3 и 27 Гц у бактерий с диким фенотипом. Аналогичные исследования на эукариотических клетках показали максимальные эффекты магнитных полей на частотах 9 и 16 Гц [73, 74]. Эти данные свидетельствуют о том, что биологическая эффективность магнитных полей крайне низких частот на генетическом уровне в определенной степени зависит от особенностей нуклеотидной последовательности и характера взаимодействия белков с ДНК.

Слабые магнитные поля крайне низких частот способны влиять на концентрацию некоторых регуляторных молекул и ионов, выполняющих роль внутриклеточных сигналов [88], а также на продукцию свободнорадикальных форм кислорода [103].

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ГИПОТЕЗЫ СОЛНЕЧНО-БИОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ**

---

Результаты многих экспериментальных исследований, проведенных в разное время, показывают, что одной из мишеней действия магнитных полей могут быть кальций-зависимые пути внутриклеточной регуляции [28, 89], посредством которых осуществляется передача в клетку сигналов разной природы. Малые изменения концентрации ионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) в цитоплазме могут вызывать достаточно сильные функциональные изменения в клетке, поэтому с влиянием электромагнитных полей на  $\text{Ca}^{2+}$ -зависимые пути внутриклеточной сигнализации многие исследователи связывают разнообразные эффекты данного фактора на клеточном уровне.

Важным моментом влияния слабых магнитных полей является изменение активности ряда биологически активных веществ и фармакологических препаратов. Так, например, снижается онкостатическое действие мелатонина и тамоксифена на раковые клетки [83, 84], не проявляет свое биологическое действие хромогликат натрия, который используется для купирования приступов бронхиальной астмы [37]. Перечень таких эффектов в настоящее время постоянно расширяется.

Известно, что на мембранном уровне организации биологических объектов реализуется целый ряд специфических биологических явлений, таких, как, транспорт ионов и метаболитов, генерация и проведение электрических импульсов и т.д., которые лежат в основе информационно-энергетических потоков между клетками и средой. Поэтому влияние на структуру и функцию биологических мембран является одним из стержневых вопросов проблемы биологического действия электромагнитных полей. Показана принципиальная возможность изменения сопряженности окисления и фосфорилирования в дыхательной цепи, интегрированной в мембрану [64]. Вероятно, такие изменения могут быть связаны с изменениями гидрофобности поверхности, проницаемости и других физико-химических свойств клеточных мембран, в том числе на уровне проявления поверхностно-активных свойств природных липидов [94].

Важное место в понимании первичных механизмов действия магнитных полей крайне низких частот на живые организмы занимают вопросы, связанные с его непосредственным влиянием на структурно-функциональные свойства биомакромолекул. В модельных исследованиях показано, что электромагнитные поля в диапазоне частот 1 – 3000 Гц изменяют активность ряда мембранных ферментов, выполняющих разные задачи в клетке [40, 77, 78]. Эти эффекты связаны с изменением пространственной структуры белков [41], но такие структурные изменения, по всей видимости, лучше проявляются при неспецифической нагрузке белков низкомолекулярными гидрофобными лигандами [95], что убедительно свидетельствует о непосредственном влиянии слабых магнитных полей на структурно-функциональные свойства белков.

Результаты многих магнитобиологических исследований свидетельствуют о зависимости биологических эффектов от частотных, амплитудных и экспозиционных характеристик электромагнитного воздействия. В электромагнитной биологии давно известен «загадочный» феномен частотных и амплитудных «окон», в которых имеют место выраженные биологические эффекты. В других диапазонах ответ биологической системы может отсутствовать. К сожалению, наличие таких частотно-амплитудных «окон» не всегда подтверждается в независимых исследованиях, что часто связано с разными условиями экспериментов. Тем не менее, в последние десятилетия выяснена природа некоторых таких частотно-амплитудных зависимостей. Adey и сотр. одни из

первых обнаружили в диапазоне крайне низкий частот выраженную частотную зависимость выхода ионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) из тканей цыпленка [72], и это послужило мощным толчком к дальнейшему исследованию роли биологически значимых ионов в первичных механизмах биологического действия низкочастотных электромагнитных полей. В настоящее время благодаря работам *Леднева В.В.* [28], *Бинги В.Н.* [6] и ряда других исследователей указанная частотная зависимость получила ряд альтернативных теоретических объяснений. В основе предлагаемых моделей лежит явление взаимодействия заряженных ионов с постоянной и переменной компонентами магнитного поля. Согласно теоретическим представлениям для конкретного значения постоянного магнитного поля существуют определенные комбинации частот и амплитуд переменной компоненты, когда наступает явление резонанса. В таких условиях резонанса сильно изменяются параметры взаимодействия ионов, например, с белками, которые в свою очередь изменяют свою активность и запускают (или, наоборот, тормозят) в клетке каскадные метаболические реакции, которые таким образом на многие порядки усиливают исходно крайне слабый по энергии сигнал.

***Вода как сенсор слабых электромагнитных воздействий.*** Как известно, основным веществом живых организмов является вода, содержание которой в разных биологических тканях составляет от 60 до 99 %. Вода – это не только и не столько растворитель, в котором протекают все биохимические превращения. Вода является непосредственным участником метаболических и энергетических процессов. Она является главным структурообразующим фактором на бимолекулярном уровне. Поэтому среди теоретических моделей влияния магнитных полей на биологические системы «водные» теории занимают отдельное место. Особая роль воды в реализации магнитобиологических эффектов обусловлена тем, что она образует с биологическими макромолекулами единую систему, где свойства компонентов неразрывно связаны друг с другом. Это, в свою очередь, оказывает влияние на течение разнообразных биологических процессов, протекающих в водной среде. При этом уникальность роли воды проявляется в том, что она непосредственно влияет на формирование и стабилизацию нативной структуры и функционирование макромолекул биополимеров, клеточных мембран и более сложных надмолекулярных образований. Так, еще *Дж. Пиккарди* в середине прошлого века в ходе многолетних исследований пришел к выводу о том, что в основе биологических эффектов низкочастотных электромагнитных полей лежит их взаимодействие с водой и водными системами. По мнению этого исследователя, это вызвано динамическим метастабильным состоянием, характерным для большинства растворённых в воде макромолекулярных систем.

В настоящее время большинство гипотез основывается именно на представлениях о динамической структуре воды, меняющейся определенным образом в пространстве и во времени при воздействии на нее разных физических факторов. Согласно данным представлениям именно водная квазикристаллическая метастабильная фаза является первичным акцептором магнитно-полевого воздействия. Изменения свойств воды неминуемо должны сказываться на структуре и функции белков и биологических мембран, для которых вода является той самой внешней средой, которая определяет из структурную организацию и функциональную динамику. Вероятно, по этой причине изменяются оптические свойства белков [41, 95] и проявление поверхностно-активных

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ГИПОТЕЗЫ СОЛНЕЧНО-БИОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ**

---

свойств природных фосфолипидов [94], изменяется растворимость в воде веществ и их адсорбция [25, 34]. Учитывая чувствительность воды и водных растворов к действию разнообразных природных факторов киевский исследователь *Василик П.В.* [10] высказал предположение о том, что в основе механизмов формирования биологических ритмов могут лежать элементарные физико-химические процессы в водной фазе, активность которых модулируется природными электромагнитными факторами, связанными с космической погодой. В качестве доказательства своей правоты исследователь приводит данные по совпадению основных характеристик спектров вариаций свойств воды и водных растворов и биологических процессов. Результаты исследований по динамике электропроводности воды [2] и других физико-химических показателей воды и водных растворов [97], а также результаты сопоставления динамики физических параметров водных растворов электролитов и показателей функциональной активности головного мозга [30] могут служить подтверждением правоты таких представлений. На наш взгляд гипотеза о том, что вода в живых системах является одним из главных акцепторов электромагнитного воздействия, является достаточно интересной и требует всесторонней скрупулезной проверки. Тем не менее, авторы вынуждены констатировать, что по этому вопросу уже многие десятилетия ведутся острые дискуссии, в которых представлен весь спектр мнений – от полного отрицания реальности влияния слабых электромагнитных полей на свойства воды, до безоговорочного принятия всех фактов, в том числе и явно противоречащих здравому смыслу. Последнее обстоятельство не способствует серьезному восприятию данной проблемы научной общественностью и тормозит развитие исследований, результаты которых могут быть крайне неожиданными и очень важными для понимания фундаментальных основ живой природы.

Таким образом, современный массив экспериментальных данных позволяет сделать следующие обобщения относительно биологической активности слабых электромагнитных полей крайне низких частот. Эффекты воздействия низкочастотных магнитных полей обнаруживаются на всех уровнях организации живых организмов. При этом наиболее чувствительными физиологическими системами к данному фактору являются нервная, нейроэндокринная, иммунная, диффузная эндокринная (APUD-система) и сердечнососудистая системы.

Главные особенности влияния низкочастотных магнитных полей, как неповреждающего фактора, на уровне целостного организма заключаются в следующем. Во-первых, изменения физиологических и метаболических показателей, в подавляющем большинстве случаев, происходят в рамках физиологической нормы реакции на обычные слабые или умеренные раздражители. Эти изменения нелинейно зависят от частотно-амплитудных и пространственно-временных экспозиционных характеристик электромагнитных полей. Во-вторых, комплекс функциональных изменений, вызванных действием слабых электромагнитных полей, свидетельствует об активации систем неспецифической адаптации организма, это приводит к повышению его устойчивости к действию других факторов. В-третьих, воздействие низкочастотных электромагнитных полей носит выраженный синхронизирующий характер в широком диапазоне периодов биологических ритмов. В-четвертых, общий характер адаптивного ответа организма на действие низкочастотных электромагнитных полей зависит от исходного

функционального состояния организма и его индивидуально-типологических (конституциональных) особенностей.

Основываясь на приведенных выше закономерностях, невозможно дать однозначный ответ на вопрос о том, являются ли слабые природные низкочастотные электромагнитные воздействия полезным или вредным экологическим фактором. Все зависит от конкретных условий, а именно от физиологического состояния биообъекта (норма или патология), конституции организма, времени воздействия, частотно-амплитудных характеристик электромагнитного поля и т.д. Вероятно, правильным ответом на поставленный вопрос будет следующий: природные электромагнитные поля являются обязательным экологическим фактором, который постоянно влияет на живые организмы, поддерживая их адаптационный потенциал и оказывая синхронизирующее воздействие. В условиях патологии слабые электромагнитные поля становятся фактором, который может либо оказывать стабилизирующее (антистрессорное) действие, либо выступать как сенситизатор патологического процесса. Даже такое упрощенное представление позволяет понять, почему в популяции организмов часто наблюдают разную реакцию на изменение космической погоды.

В заключение необходимо отметить, что вариации природного электромагнитного фона не ограничиваются только диапазоном низких частот. Космическая погода также достаточно сильно влияет на интенсивность электромагнитных излучений в радиочастотном диапазоне (см. раздел 1.4). Это влияние усиливается в связи техногенной электромагнитной накачкой ионосферного волновода в радиочастотном диапазоне, при этом электромагнитные излучения в радиочастотном диапазоне модулируются по амплитуде частотами ионосферного волновода [23, 24]. Еще совсем недавно считалось, что поток радиоизлучения Солнца и его вариации настолько малы, что не могут оказывать никакого воздействия на живые организмы. Однако в последние десятилетия надежно показана сверхчувствительность живых организмов к воздействию электромагнитных волн миллиметрового диапазона нетепловой интенсивности (менее  $10 \text{ мВт} \cdot \text{см}^{-2}$ ), при этом имеют место выраженные резонансные эффекты [5]. Ряд исследователей отмечает, что минимальные пороговые значения интенсивности электромагнитных волн миллиметрового диапазона, при которых регистрируется какая-либо реакция живого организма, лежат в пределах  $10^{-19} - 10^{-20} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{Гц}^{-1}$  [51]. Такие невероятно низкие пороговые уровни не всегда обнаруживаются в независимых исследованиях и по этому поводу идут ожесточенные споры. Но, несмотря на то, что в этом деле много остается неясного, большинство исследователей разделяют мнение о том, что открытие высокой биологической активности электромагнитных излучений крайне высоких частот позволяет по-новому осмыслить некоторые биофизические принципы организации и регулирования биологических процессов.

В специальных исследованиях обнаружено радиоизлучение Солнца в миллиметровом диапазоне, оно крайне мало и представлено сплошным спектром, его интенсивность по порядку величин близка к пороговым уровням реакции живых систем и естественным образом зависит солнечной активности. Миллиметровые волны сильно экранируются атмосферой и их интенсивность существенно зависит от влажности. Поэтому данный электромагнитный диапазон, вероятно, не следует рассматривать в качестве главного фактора-посредника влияния космической погоды на биосферные

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ГИПОТЕЗЫ СОЛНЕЧНО-БИОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ**

---

процессы. Более того на вопрос, обладает ли такое природное широкополосное миллиметровое излучение биологической активностью, достоверного ответа пока нет. Есть только теоретические предположения о том, что такое влияние тоже в принципе возможно [71]. Справедливости ради следует отметить, что подобные вопросы и предположения справедливы и для других радиочастотных диапазонов природного электромагнитного фона. Ведь биологическая активность сверхвысокочастотных излучений для отдельных частот в сантиметровом и дециметровом диапазонах, которые по своей интенсивности относят к нетепловым, но, которые, тем не менее, на много порядков превышают уровни природных, тоже экспериментально установлена. Авторы выражают надежду, что в ближайшем будущем исследователи получат ответы на эти вопросы.

### **Список литературы**

1. Агаджанян Н.А., Власова И.Г. Влияние инфранизкочастотного магнитного поля на ритмику нервных клеток и их устойчивость к гипоксии // Биофизика. – 1992. – Т. 37, №4. – С. 681 – 689.
2. Агеев И.М., Шишкин Г.Г. Исследование изменения электропроводимости воды при нагреве различными источниками тепла, включая биологические. – Биофизика. – 2002. – Т. 47, №5. – С. 829–832.
3. Александров В.В. Экологическая роль электромагнетизма. – С.Пб.: Изд-во Политехнического Университета, 2006. – 716 с.
4. Андрейчук Л.А., Навакатилян М.А. Чувствительность некоторых звеньев эндокринной системы к воздействию переменных ЭМП промышленной частоты // Гигиена населенных мест. – Киев. – 1999. – вып. 34. – С. 38–45.
5. Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н. Миллиметровые волны и живые системы. – М.: URSS, 2004. – 272 с.
6. Бинги В.Н. Магнитобиология. Эксперименты и модели. – М.: Изд-во МИЛТА, 2002. – 592 с.
7. Биофизика. – 1992. – Т. 37. – №. 3 и 4; 1995. – Т. 40. – №. 4 и 5; 1998. – Т. 43, №. 4 и 5; 2001. – Т. 46, № 5.
8. Бреус Т. К., Чибисов С. М., Баевский Р. М., Шебзухов К. В. Хроноструктура биоритмов сердца и внешней среды. – М., Изд-во Российского университета дружбы народов, 2002. – 232 с.
9. Бреус Т.К., Раппопорт С.И. Магнитные бури: медико-биологический и гелиогеофизический аспект – М.: Изд-во Советский спорт, 2003. – 192 с.
10. Василик А.В., Галицкий А.К. Ритмы изменения свойств воды как фактор формирования биологических ритмов // Кибернетика и вычислительная техника. – 1985. – Вып. 66. – С. 11– 17.
11. Вестник Калужского университета. – 2007. - № 1. (спец. тематический выпуск)
12. Владимирский Б. М., Нарманский В. Я., Темуриянц Н. А. Космические ритмы: в магнитосфере–ионосфере, в атмосфере, в среде обитания; в биосфере–ноосфере, в земной коре. – Симферополь, 1994. – 173 с.
13. Владимирский Б.М., Сидякин В.Г., Темуриянц Н.А., Макеев В.Б., Самохвалов В.П. Космос и биологические ритмы. – Симферополь, 1995. – 206 с.
14. Владимирский Б. М., Темуриянц Н. А. Влияние солнечной активности на биосферу–ноосферу. – М.: МНЭПУ, 2000. – 374 с.
15. Владимирский Б.М., Темуриянц Н.А., Мартынюк В.С. Космическая погода и наша жизнь. – Фрязино: Изд-во Век 2, 2004. – 221 с.
16. Вольнский А.М. Изменение нервной и сердечной деятельности у животных разного возраста при воздействии электромагнитными полями низкой частоты и малой напряженности // Проблемы космической биологии. – 1982. – Т. 43.– С. 98 – 109.
17. Воейков В.Л. Активные формы кислорода – патогены или целители? // Клиническая геронтология. – 2003. – № 3. – С. 27 – 40.
18. Волчек О.Д. Геокосмос и человек. – С.Пб.: Изд-во РГПУ, 2006. – 331 с.
19. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1990. – 224 с.

20. Геофизические процессы и биосфера. – 2005. – Т. 4. – №4.
21. Гурфинкель Ю.И. Ишемическая болезнь сердца и солнечная активность. – М.: 2004. – 168 с.
22. Думанский Ю.Д., Ногачевская С.И. Гигиеническая оценка влияний ЭМП высокой частоты на состояние иммунной реактивности организма // Гигиена и санитария. – 1992. – №5–6 – С. 34–37.
23. Жбанков Г.А., Заботин Н.А. Модулированное ионосферной нерегулярной структурой фоновое декаметровое радиоизлучение как возможный биотропный фактор // Крымский международный семинар "Космическая экология и ноосфера" (6 – 11 октября 1997 г., Партенит, Крым). Тезисы. Партенит, 1997. С.11 - 12.
24. Заботин Н.А., Жбанков Г.А. Неоднородная структура ионосферы как источник сильных вариаций фонового декаметрового излучения // Геомагнетизм и аэрономия. 1999. Т.39. № 5. С. 57-61.
25. Классен В. И. Омагничивание водных систем. – М.: Химия, 1982. – 296 с.
26. Колодуб Ф.А. Информативность некоторых биохимических показателей при оценке влияния переменных магнитных полей низкой и промышленной частот // Гигиена и санитария. – 1989. – №10. – С.21–23.
27. Кузнецов А.И., Кшуташвили Т.Ш., Колоколов А.С., Лазарев А.В. Квазирезонансные зависимости аритмогенного действия низкочастотного магнитного поля на сократительную активность миокарда // Изв. АН СССР. Серия Биология. –1990. – № 2. – С. 178 – 183.
28. Леднев В.В., Сребницкая Л.К., Ильясова Е.Н., Белова Н.А., Тирас Х.П., Климов А.А., Рождественская З.Е. Магнитный параметрический резонанс в биосистемах // Биофизика. – 1996. – Т. 41. – Вып. 4. – С. 815 – 825.
29. Леднев В.В., Белова Н.А., Рождественская З.Е., Тирас Х.П. Биоэффекты слабых переменных магнитных полей и биологические предвестники землетрясений // Геофизические процессы и биосфера. – 2003. – Т. 2, №1. – С. 3 – 11.
30. Макарова И. Усиление напряжения магнитного поля Земли изменяет активность правого полушария мозга / Тезисы докладов 2-го Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения биологии и медицины», 03–07 июля, 2000, СПб. – С.Пб., 2000. – С. 42.
31. Мартынюк В.С. К вопросу о синхронизирующем действии магнитных полей инфранизких частот на биологические системы // Биофизика. 1992. – Т. 37, № 4 – С. 669 – 673.
32. Мартынюк В.С. Временная организация живых организмов и проблема воспроизводимости результатов магнитобиологических исследований // Биофизика. – 1995. – Т. 40, № 5. – С. 925 – 927.
33. Мартынюк В.С. Внутрисуточные гео- и гелиофизически значимые периоды в интегральном ритме двигательной активности животных // Биофизика. – 1998. – Т.43, №. 5. – С. 789 – 796.
34. Мартынюк В.С., Шадрин О.Г. Влияние переменного магнитного поля крайне низкой частоты на растворимость бензола в воде и растворах белка // Биомедицинская радиоэлектроника. – 1999. – № 2. – С. 61 – 63.
35. Мартынюк В.С., Мартынюк С.Б. Влияние экологически значимого переменного магнитного поля на метаболические процессы в головном мозге животных // Биофизика. – 2001. – Т. 46, №. 5. – С. 876 – 880.
36. Мартынюк В.С., Абу Хада Р.Х. Реакция тучных клеток на действие переменных магнитных полей в условиях *in vitro* // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2001. – Т.14 (53), № 2 – С. 3 – 7.
37. Мартынюк В.С., Абу Хада Р.Х., Ибрагимова Н.Д. Реакция тучных клеток на действие хромогликата натрия и переменного магнитного поля в условиях *in vitro* // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2001. – Т.14 (53), № 3 – С. 117 – 120.
38. Мартынюк В.С. Связь динамики электрических характеристик организма человека с вариациями космической погоды // Геофизические процессы и биосфера. – 2005. – Т.4, N1. – С. 53 – 61.
39. Никольская К.А., Ещенко О.В., Шпинькова В.Н. Магнитное поле и алкогольное влечение // Биофизика. – 2000. – Т. 45, № 5. – С. 941 – 946.
40. Новиков В.В., Швецов Ю.П., Фесенко Е.Е., Новикова Н.И. Молекулярные механизмы биологического действия слабых магнитных полей. Устойчивость хроматина клеток асцитной карциномы Эрлиха и мозга мышей к ДНКазе 1 при комбинированном действии на организм слабых постоянного и низкочастотного переменного магнитных полей, настроенных на резонанс ионов полярных аминокислот // Биофизика. – 1997. – Т. 42, № 3. – С. 733 – 737.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ГИПОТЕЗЫ СОЛНЕЧНО-БИОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ**

---

41. Новиков В.В., Кувичкин В.В., Фесенко Е.Е. Влияние слабых комбинированных постоянного и переменного низкочастотного магнитных полей на собственную флуоресценцию ряда белков в водных растворах // Биофизика. – 1999. – Т. 44, № 2. – С. 224 – 230.
42. Новикова К.Ф., Биков В.М., Михеев Ю.П. и др. Влияние солнечной активности на заболеваемость и смертность от инфаркта миокарда // Кардиология. – 1968. – № 4. – С. 109 – 112.
43. Павлова Р.Н., Музалевская Н.И., Соколовский В.В. Некоторые биохимические аспекты действия слабых низкочастотных МП / В кн.: реакция биологических систем на МП. – М.: Наука, 1978. – С. 49–58.
44. Пальчикова Н.А., Селятицкая В.Г., Панькина Т.В., Девидин Д.В. Физиологические характеристики и эмоционально-поведенческая реактивность животных в условиях моделированного пространства // Вестник МНИИКА. – 2003. – № 10. – С. 94 – 100.
45. Пресман А. С. Электромагнитные поля и живая природа. – М.: Наука, 1968. – 288с.
46. Пудовкин М.Н., Распопов О.М., Клейменова Н.Г. Возмущения электромагнитного поля Земли. – Л.: ЛГУ, 1975. – Т. 2. – 270 с.
47. Русяев В.Ф. Действие электромагнитных полей на систему свертывания крови. – В кн.: Электромагнитные поля в биосфере. – М.: Наука. – 1984. – Т.2. – С. 97 – 108.
48. Сидякин В. Г., Темуриянц Н. А., Макеев В. Б., Владимирский Б. М. Космическая экология. – Киев, Наукова думка, 1985. – 176 с.
49. Сидякин В.Г. Влияние глобальных экологических факторов на нервную систему. – Киев: Наукова думка, 1986. – 160 с.
50. Сидякин В.Г., Сташков А.М., Янова Н.П. и др. Физиологические механизмы регуляции зоосоциального поведения крыс при воздействии ЭМП НЧ // Физиологический журнал им. Сеченова. – 1995. – Т. 81. – № 4. – С. 21 – 31.
51. Ситько С.П., Мкртчян Л.Н. Введение в квантовую медицину. – Киев, Изд-во «Паттерн», 1994. – 146 с.
52. Смирнов Р.В. Солнечно-атмосферные связи в теории климата и погоды. – Л.: Гидрометеиздат., 1974. – С. 1 – 33.
53. Соколовский В.В. Ускорение окисления тиоловых соединений при возрастании солнечной активности // Проблемы космической биологии. – 1982. – Т.41. – С. 194 – 197.
54. Сташков А.М., Горохов И.Е. Гипоксическое и антиокислительное биологическое действие многодневного применения слабого и переменного магнитного поля сверхнизкой частоты // Биофизика. – 1998. Т. – 43, № 5. – С. 807 – 810.
55. Степанюк И.А. Электромагнитные поля при аэро- и гидрофизических процессах. – С.Пб.: Изд-во РГГМУ, 2002. – 214 с.
56. Темуриянц Н.А. О биологической эффективности слабого ЭМП инфранизкой частоты // Проблемы космической биологии. – 1982. – Т. 43. – С. 128 – 139.
57. Темуриянц Н.А., Михайлов А.В. Влияние переменного магнитного поля инфранизкой частоты на функциональную активность нейтрофилов в крови крыс с ограниченной подвижностью // Биофизика. – 1988. – Т.33, № 5. – С. 863 – 866.
58. Темуриянц Н.А., Макеев В.В., Малыгина В.Н. Влияние слабых ПемП КНЧ на инфрадианную ритмику симпатoadреаловой системы крыс // Биофизика. – 1992. – Т.37, №4. – С. 653 – 655.
59. Темуриянц Н.А., Грабовская Е.Ю. Реакция крыс с разными конституциональными особенностями на действие слабых переменных магнитных полей крайне низких частот // Биофизика. – 1992. – Т. 37, № 4. – С. 817 – 820.
60. Темуриянц Н. А., Владимирский Б. М., Тишкин О. Г. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. – Киев: Наукова думка, 1992. – 187 с.
61. Темуриянц Н.А., Шехоткин А.В., Камынина И.Б. и др. Влияние слабых ПемП на инфрадианную ритмику функциональной активности лейкоцитов крови крыс // Биофизика. – 1996.– Т.41. – №4. – С. 930 – 933.
62. Темуриянц Н.А., Шехоткин А.В. Современные представления о механизмах электромагнитных воздействий // Вестник физиотерапии и курортологии. – 1999. – Т.5. – №1. – С. 8 – 13.
63. Фесенко Е.Е., Новиков В.В., Швецов Ю.П. Молекулярные механизмы биологического действия слабых магнитных полей. Регуляция межмолекулярных взаимодействий в водном растворе ДНК, ДНКазы 1 и белка ингибитора под влиянием комбинированного действия слабых постоянного и низкочастотного переменного магнитных полей, настроенных на резонанс ионов полярных аминокислот // Биофизика. – 1997. – Т. 42, № 3. – С. 742 – 745.
64. Холодов Ю.А., Щишло М.А. Электромагнитные поля в нейрофизиологии. – М.: Наука, 1979.–168 с.

65. Холодов Ю.А. Мозг в электромагнитных полях. – М.: Наука, 1982. – 123 с.
66. Холодов Ю.А. Неспецифическая реакция нервной системы на неионизирующие излучения // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1998. – Т. 38, № 1. – С. 121 – 125.
67. Цыганков К.В., Павленко В.Н., Цыганков А.В. объяснение гелиобиологических закономерностей с позиций учения о функциональной асимметрии головного мозга / Тезисы докладов 7-й Международной крымской конференции «Космос и биосфера», 1-6 октября, 2007, Судак, Украина. – Киев, 2007. – С. 125.
68. Чернышева О.Н. Влияние переменного магнитного поля промышленной частоты на состав липидов в печени крыс // Украинский биохимический журнал. – 1987. – Т.59. – № 3. – С. 91 – 94.
69. Чижевский А. Л. Земное эхо солнечных бурь. – М. Мысль, 1976.
70. Чижевский А. Л. Космический пульс жизни. – М. Мысль, 1995. – 768 с.
71. Яшин А.А. Живая материя. Физика живого и эволюционных процессов. – М.: Издательство ЛКИ, 2007. – 264 с.
72. Adey W.R. Tissue interaction with non-ionizing electromagnetic fields // *Physiol Rev.* – 1981. – Vol. 61, N 2. – P. 435 – 439.
73. Alipov Y.D., Belyaev I.Y. Difference in frequency spectrum of extremely-low-frequency effects on the genome conformational state of AB 1157 and EMG2 E. coli cells // *Bioelectromagnetics.* – 1996. – Vol. 17, N 5. – P. 384 – 387.
74. Alipov Y.D. И Belyaev I.Y. Frequency-dependent effects of ELF magnetic field on chromatin conformation in *Escherichia coli* cells and human lymphocytes // *Biochim. Biophys. Acta.* – 2001. – Vol.1526, N 3. – P. 269 – 276.
75. *Biophysics.* – 2004. – Vol. 49, Suppl. 1. (special issue).
76. Blank M., Goodman R. Electromagnetic stimulation of Biosynthesis: a hypothesis / Abstracts of 17th Annual Meeting of BEMS, June 18–22, 1995, Boston. – Boston, 1995. – P. 181–182.
77. Blank M., Soo L. Frequency dependence of Na,K-ATPase function in magnetic fields // *Bioelectrochemistry and Bioenergetics.* – 1997. – Vol. 42. – P. 231 – 234.
78. Blank M., Soo L. Frequency dependence of cytochrome oxidase in magnetic fields // *Bioelectrochemistry and Bioenergetics.* – 1998. – Vol. 46. – P. 139 – 143.
79. Burch J.B., Reif J.S., Yost M.G. Geomagnetic disturbances are associated with reduced nocturnal excretion of a melatonin metabolite in human // *Neurosci. Lett.* – 1999. – Vol. 266, N 3. – P. 209–212.
80. Gavalas-Medici R.T., Day-Magdaleno S.R. ELF electric fields effects schedule-controlled behaviour of monkeys // *Nature.* – 1978. – Vol. 261, N 5557. – P. 256 – 258.
81. Goodman R., Bassett C.A., Henderson A.S. Pulsing electromagnetic fields induce cellular transcription // *Science.* – 1983. – Vol. 220. – P. 128 – 130.
82. Goodman R., Wei L.-X., Xu J.-C., Henderson A.S. Exposure of human cells to low-frequency electromagnetic fields results in quantitative changes in transcripts // *Biochim. Biophys. Acta.* – 1989. – Vol. 1009. – P. 216 – 219.
83. Harland J., Eugstorm S., Liburdy R. Evidence for a slow time-scale of interaction for magnetic fields inhibiting tamoxifen antiproliferative action in human breast cancer // *Cell Biochem. Biophys.* – 1999. – Vol. 31, N 3. – P. 295 – 306.
84. Ishido M., Kabuto M. Magnetic fields of 50 Hz at 1.2  $\mu$ T as well as 100  $\mu$ T cause uncoupling of inhibitory pathways of adenylcyclase mediated by melatonin 1a receptor in MF-sensitive MCF-7 cells // *Carcinogenesis.* – 2001. – Vol. 22, N 7. – P. 1043 – 1048.
85. Juutilainen J, Laara E, Saali K. Relationship between field strength and abnormal development in chick embryos exposed to 50 Hz magnetic fields // *Int. J. Radiat. Biol.* – 1987. – Vol. 52 – P. 787 – 793.
86. Kavaliers M., Ossenkopp K.P. Magnetic fields differentially inhibit  $\mu$ -,  $\delta$ -,  $\kappa$ - and  $\sigma$ -opioid-induced analgesia in mice // *Peptides.* – 1986. – Vol. 7. – P. 449 – 453.
87. Leal J., Trillo M.A., Ubeda A., Abraria U. et al. Magnetic environment and embryonic development. A role of Earth's field // *I.R.C.S. Med. Sci.* – 1986. – Vol. 14. – P. 1145 – 1146.
88. Lednev V.V., Belova N.A., Potselueva M.M., Yurkov I.S. Regulation of the oxidative burst in mouse peritoneal neutrophils by application of weak magnetic fields / Abstracts of 2nd International Alexander Gurwitsch Conference «Non-Equilibrium and Coherent Systems in Biology, Biophysics and Biotechnology», September – 6 – 10, 1999, Moscow. – Moscow, 1999. – P. 27.
89. Liboff A.R., Resek R.J., Sherman M.L., McLeod B.R., Smith S.D.  $^{45}\text{Ca}^{2+}$  cyclotron resonance in human lymphocytes // *J. Bioelectricity.* – 1987. – Vol. 6. – P. 27 – 36.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ГИПОТЕЗЫ СОЛНЕЧНО-БИОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ

---

90. Lin H., Blank M., Rossol-Haseroth K., Goodman R. Regulating genes with electromagnetic response elements // *Journal of Cellular Biochemistry*. – 2001. – Vol. 81, N 1. – P. 143 – 148.
91. Lisi A, Ciotti MT, Ledda M, Pieri M, Zona C, Mercanti D, Rieti S, Giuliani L, Grimaldi S. Exposure to 50 Hz electromagnetic radiation promote early maturation and differentiation in newborn rat cerebellar granule neurons // *J. Cell. Physiol.* – 2005. – Vol. 204, N 2. – P. 532 – 538.
92. Ludwig H.W. Electromagnetic multiresonance – the base of homeopathy and biophysical therapy // *Proc. 42nd*
93. Lyle D.B., Ayotte R.D., Shepard A.R., Adey A.R. Suppression of T-lymphocyte cytotoxicity following exposure to 60 Hz sinusoidal electric fields // *Bioelectromagnetics*. – 1988. – N 3. – P. 303 – 313.
94. Martynyuk V.S., Panov D.A. Surfactant Properties of Natural Phospholipids in Media Treated with Extremely Low Frequency Magnetic Field // *Biophysics*. – 2004. – Vol. 49. – N. 1. – P.23–25.
95. Martynyuk V.S., Tseysler Yu. V. The Hydrophobic–Hydrophilic Balance in Water Solution of Proteins as The Possible Target for Extremely Low Frequency Magnetic Fields // In: *Biophotonics and Coherent Systems in Biology* – Berlin–Heidelberg–New York: Springer, 2006. – P. 105 – 122.
96. McCaig C.D., Rajniecek A.M. Electrical fields, nerve growth and nerve regeneration // *Experimental physiology*. – 1991. – Vol. 76. – P. 473 – 494.
97. Ormenyi I., Nemeth T. Effect of Meteorological and Cosmic Factors upon Electrolyte Solution // *Theor. Appl. Climatol.* – 1990. – Vol. 42. – P. 129 133.
98. Pavlenko V.B., Kulichenko A.M. Influence of Extreme Frequency Electromagnetic Fields on Cat Behaviour and Neural Activity of Locus Coeruleus // *Biophysics*. – 2004. – Vol. 49, N 1. – P. 111 – 114.
99. Piccardi G. The Chemical Basis of medical Climatology – Ch. Thomas, Springfield, 1962. – 146 p.
100. Pfluger D. H., Minder C. E. Effects of exposure to 16.7 Hz magnetic fields on urinary 6-hydroxymelatonin sulfate excretion of Swiss railway workers // *J. Pineal Res.* - 1996. – Vol.21. – P. 91–100.
101. Qin C, Evans J.M., Yamanashi W.S., Scherlag B.J., Foreman R.D. Effects on Rats of Low Intensity and Frequency Electromagnetic Field Stimulation on Thoracic Spinal Neurons Receiving Noxious Cardiac and Esophageal Inputs // *Neuromodulation*. – 2005. – Vol. 8, N 2. – P. 79 – 85.
102. Sastre A., Cook M.R., Graham C. Nocturnal Exposure to Intermittent 60-Hz Magnetic Fields Alters Human Cardiac Rhythm // *Bioelectromagnetics*. – 1998. – Vol. 19. – P. 98 – 106.
103. Simko M., Droste S., Kriehuber R., Weiss D.G. Stimulation of phagocytosis and free radical production in murine macrophages by 50 Hz electromagnetic fields // *Eur. J. Cell. Biol.* – 2001. – Vol. 80, N 8. – P. 562 – 566.
104. Tokalov S.V, Gutzeit H.O. Weak electromagnetic fields (50 Hz) elicit a stress response in human cells // *Environ. Res.* – 2004. – Vol. 94, N 2. – P. 145 – 151.
105. Wever R.A. Human circadian rhythms under the influence of weak electric fields and the different aspects of these studies // *Int. J. Biometeorol.* – 1973. – 17, N 3. – P. 227 – 232.
106. Zecca L., Mantegazza C., Piva F., Hagino N. Neutransmitters in brain cortex of rats exposed to 50 Hz EMF / Abstracts of 17th Annual Meeting of BEMS, June 18–22, 1995, Boston. – Boston, 1995. – P. 83.

**Мартинюк В.С., Темур'яниц Н.А.** Експериментальна верифікація електромагнітної гіпотези сонячно-біосферних зв'язків // Учені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2007. – Серія «Біологія, хімія». – Т. 20 (59), № 1. – С. 8 – 27.

В огляді аналізується сучасний стан проблеми впливу слабких електромагнітних полів на живі організми у контексті гіпотези про те, що варіації електромагнітного фону, що контролюються космічною погодою, можуть бути основним посередником у сонячно-біосферних зв'язках.

**Ключові слова:** сонячна активність, біологічні ефекти електромагнітних полів.

**Martynyuk V.S., Temuryants N.A.** The experimental verification of electromagnetic hypothesis of solar-biosphere connections // *Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry"* . – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 8-27.

The state-of-art of problems of weak electromagnetic influence on living organism in context of "electromagnetic hypothesis" of connections of solar activity with biological processes is analyzed in this review.

**Key words:** solar activity, biological effects of electromagnetic fields.

УДК [523.98 + 523.62 + 550.38]: 323.28

## ЭФФЕКТЫ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ В ТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

*Григорьев П.Е., Владимирский Б.М.*

Крупнейший Интернет-каталог мировой террористической активности MIRT Terrorism Knowledge Base (1968-2005 гг., 23500 событий) проанализирован с целью поиска эффектов космической погоды в динамике терроризма. Установлено, что количество терактов значимо возрастает на 2-3 сутки после геомагнитного «шторма», а также в день геомагнитного возмущения. Типичной гелиогеофизической ситуацией накануне совершения теракта является наличие градиента (возможно разного знака) в изменении индексов; наиболее вероятно совершение теракта при минимуме солнечной активности на максимуме геомагнитной активности. В дни, предшествующие «операции» (либо в сам день ее проведения), как правило, имеет место возрастание геомагнитной возмущенности. В диапазоне лет террористическая активность возрастает в годы минимума солнечной активности и максимума геомагнитной активности.

**Ключевые слова:** террористическая активность, космическая погода.

### ВВЕДЕНИЕ

Общепринято, что теоретическое описание терроризма как социального явления полностью принадлежит гуманитарным дисциплинам. Предложенные здесь модели – «терроризм – системный элемент потребительского информационно-телевизионного общества» [1] – представляются многим целостными и самодостаточными. Дискуссии о современном терроризме обычно крайне политизированы (см., например, дебаты на страницах «Философского журнала» [2]). В связи с этим, в центре внимания исследователей нередко оказываются вопросы для терроризма как такового вполне второстепенные – идеологические или этические. Между тем, в реальной жизни все определяется исполнителями террористического акта – особыми людьми, подбор и подготовка которых имеет решающее значение для «успеха» операции. Обобщенные «портреты» подобных людей отчетливо выявлены уже давно, в частности, в период первого интенсивного всплеска террористической активности в России (1904-1914 гг.) Вот высказывание известного публициста той поры – А.С. Изгоева (цит. по [3], с. 529): «...психический тип террористов сводится к двум разновидностям. Это или бретер, спортсмен, вступивший раз на дорогу, с которой уже нет возврата, ...или замаскированный самоубийца, в силу тех или иных причин жертвующий своей жизнью, кто в порыве евхаристического отчаяния, кто в погоне за славой Герострата». Дополнением к этим двум акцентуированным типам служат личности с явно девиантным поведением. Так, знаменитые М. Спиридонова, А. Мясников, С. Камо-Тер-Петросян пользовались, либо явно нуждались в помощи психиатра. Характерно, что при советской власти некоторые из профессиональных боевиков добились позже широкой известности в специфических видах деятельности – ЧК, нерегулярные армейские формирования [4]. Типичный портрет террориста наших дней, видимо, отличается от своего «классического» варианта. Такая характерная черта, как высокий уровень невротизма,

## **ЭФФЕКТЫ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ В ТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ**

остается в силе, но «синдром камикадзе» предстает явлением более сложным, чем скрытое суицидальное поведение [5]. Некоторые детали обобщенного облика современного террориста появляются в связи с эволюцией самого феномена терроризма. «Разделение труда» приводит к тому, что в поле зрения аналитика попадают не столько рядовые боевики, сколько персонажи «руководящие» или «вспомогательные». В итоге, рассматриваемый портрет обогащается чертами полного благополучия [6], а специфическая «тяга к смерти», так ярко описанная для российского террориста начала XX века [7], исчезает.

Таким образом, среди исполнителей террористических актов значительную долю составляют психопатологические личности. В связи с этим уместно вспомнить о существовании природных факторов, влияющих на динамику психических заболеваний (включая суицидальное поведение), уголовную преступность и общую социальную стабильность.

Впервые исследования этого вопроса были предприняты А.Л. Чижевским в его знаменитой брошюре «Физические факторы исторического процесса» [8]. Было показано, что так называемые революции приходится на эпохи максимумов солнечной активности, следующих циклически, с периодом около 11 лет. Статистические результаты этой работы во второй половине XX века неоднократно проверялись независимыми авторами (см., например, [9]). Однако, по сей день большинству современных исследователей сама идея о влиянии экологических факторов, связанных с космической погодой, на социальные процессы представляется странной или вовсе неприемлемой. Между тем, эта идея в настоящее время серьезно эмпирически обоснована: глобальные экологические факторы несомненно влияют на творческую продуктивность, степень социальной конфликтности, динамику психиатрической заболеваемости и некоторые другие показатели (обзор соответствующих публикаций см. в Гл. 6 монографии [10]). Впервые террористическую активность непосредственно сопоставил с космофизическими индексами А.Л. Чижевский [11]. Он обнаружил, что частота следования «актов» эсеровских боевиков в 1902-1911 гг. линейно коррелирует с числами Вольфа ( $+0,74 \pm 0,15$ ). Аналогичные результаты получились у него для частоты следования преступлений против личности и крестьянских бунтов. В последующие годы к этому вопросу никто из отечественных исследователей, конечно, не обращался. Лишь совсем недавно была предпринята попытка определить типичную гелиогеофизическую ситуацию перед изолированным террористическим актом, используя перечень наиболее шумевших покушений на политических деятелей XX века [12].

Дальнейшие исследования связи динамики терроризма с космической погодой представляют значительный интерес. Очевидны и немалые трудности подобных исследований. Одна из них обусловлена «конспиративностью» проведения всех подобных актов, невозможностью их ранжирования. Другая связана с их разнородностью: это могут быть «традиционные» акты террора, направленные против отдельных лиц; но то же самое название используется сейчас для наименования отдельных эпизодов самых настоящих партизанских войн. Но различные виды террористических операций предполагают различные методы анализа. Вполне возможно, что для них могут выявиться и различные закономерности. Вероятно, однако, что здесь могут существовать и универсальные закономерности. В первую очередь, это касается

присутствия космической ритмики в динамике терроризма за достаточно большой интервал времени. Некоторой степени общности можно было бы ожидать и от характеристик гелиогеофизической ситуации, предшествующей изолированной террористической операции.

Цель данной работы – поиск каких-либо признаков влияния космической погоды (солнечной активности) на динамику террористической активности.

## **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Исходный массив данных, пригодный для подробного анализа, должен удовлетворять двум очевидным требованиям: иметь представительную статистику и охватывать достаточно продолжительный (многие годы) интервал времени. К сожалению, несмотря на возрастающую остроту проблемы терроризма, и в литературе, и в Интернете соответствующих данных очень мало. В Интернете (на время сбора материала – вторая половина 2005 г.) некоторый интерес представляли следующие источники:

список нападений (465 случаев) на израильских граждан в 1993-2005 гг. по данным МИД Израиля на сайте [www.jewishvirtuallibrary.org](http://www.jewishvirtuallibrary.org);

архив резонансных терактов по данным независимого исследовательского центра США [www.terrorism.com](http://www.terrorism.com) (1302);

диаграмма годовых чисел терактов, реализованных гражданами двух или более стран в 1982-2002 гг. (9249) с сайта исследовательской неправительственной организации США [www.publicagenda.org](http://www.publicagenda.org);

список дат массовых убийств со времен античности по 2005 г. с сайта энциклопедии [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) (220).

Крупнейшим открытым каталогом террористических актов явилась «МИРТ Terrorism Knowledge Base» ([www.tkb.org](http://www.tkb.org)). Работа над базой данных осуществляется Национальным мемориальным институтом по предупреждению терроризма (МИРТ) и Департаментом государственной безопасности США. В базе данных содержатся подробные сведения по терактам, начиная с 1968 года, – 23500 тыс. различных случаев на момент съема информации. В базе данных собраны сведения о международных терактах с 1968 по 1997 гг., с 1998 г. фиксируются также данные о терактах местного масштаба. На сайте приводятся независимые друг от друга классификации терактов: по дате, стране, региону, количеству пострадавших, убитых, цели атаки, типу тактики, по типу примененного оружия, по принадлежности теракта организации. Материалы с этого сайта были выбраны в качестве основной базы данных для анализа. Очевидно, используемая информация требует к себе критического отношения. Едва ли надежной может быть признана предлагаемая классификация событий. Нередко атаки сочетают в себе несколько целей, типов оружия и т.п.; данные могут быть неточны или искажены, зависеть от позиции источника информации, что еще больше запутывает классификацию. Не все приводимые сведения заслуживают полного доверия, – некоторые из терактов, возможно, являются уголовными преступлениями; зачастую ответственность за атаку берут на себя не те, кто их совершает; количества убитых и раненых не всегда надежно установлены; спецслужбы и террористы зачастую дезинформируют СМИ, которые в свою очередь дезинформируют читателей. Таким образом, заведомо данные неполны,

## ЭФФЕКТЫ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ В ТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

неоднородны и зашумлены. Единственной точной классификацией из приводимых на данном сайте могла считаться классификация по региону осуществления теракта. Среди крупных регионов выделены такие, как Африка, Западная Европа, Восточная Европа, Северная Америка, Центральная-Южная Америка, Ближний и Средний Восток / Персидский Залив, Азия. В необходимых случаях дополнительные сведения брались из известного справочника по терроризму [13].

Были использованы следующие показатели космической погоды:  $A_p$ -индекс геомагнитной активности, полярность (знак) радиальной компоненты межпланетного магнитного поля (ММП); числа Вольфа  $W$  – индекс солнечной активности. Все данные брались с сайтов NOAA и ИЗМИРАН. Индексы геомагнитной и солнечной активности имеют распределение, существенно отличающееся от нормального. Для корректного применения статистических критериев значимости необходимы простейшие преобразования, приводящие эти распределения к нормальному. Так, индекс геомагнитной активности  $A_p$  приобретает распределение, близкое к нормальному, при преобразовании  $\ln(A_p + 1)$ , а числа Вольфа – при преобразовании  $\sqrt{W + 1}$ .

Известно, что основными каналами передачи эффектов космической погоды в среду обитания являются ионосферный и магнитосферный. Их активность отражается соответственно индексами солнечной и геомагнитной возмущенности. Как было установлено [14], в некоторых случаях полезным показателем может быть соотношение активности названных каналов. В качестве такой характеристики использовалось

отношение  $\frac{\ln(A_p + 1)}{\sqrt{W + 1}}$ , которому может быть придан смысл нормированного к прозрачности ионосферы уровня возмущенности магнитосферы.

Сопоставление ритмики терактов с периодами космической погоды проводилось с помощью стандартного алгоритма спектрального Фурье-анализа и известного в биоритмологии косинор-анализа. В последнем случае применялся вариант косинор-анализа, описанный в [15]. Поиск периодов в динамике терактов и синхронных им вариациям космических индексов проводился осуществлялся в двух диапазонах:

от 2-х месяцев (0,15 лет) до 30 лет – ежедневные значения предварительно усреднялись по 27-дневным отрезкам (баргельсовским солнечным оборотам);

от 2-х суток до 62 суток – использовались ежедневные данные.

В косинор-анализе шаг по периоду вписываемой косинусоиды составлял для первого диапазона 2,7 суток, для второго – 0,5 суток. Пики спектральной плотности на спектрах считались соответствующими реальным периодам, если их величина была не менее стандартного отклонения от уровня шумов данного диапазона периодов. Оценка ошибки значения периода проводилась для косинор-анализа путем вычисления периода, для которого амплитуда составила 0,6 от пиковой величины. В итоговую таблицу вносились только периоды надежно обнаруженные двумя методами. В качестве основного метода изучения связи динамики террористической активности с конкретными проявлениями космической погоды использовался метод наложения эпох. Он применялся в двух вариантах. В первом из них реперным (нулевым) днем выбирался изолированный день теракта. В этом случае рассматривался ход изменения данных индекса в диапазоне  $\pm 28$  суток (баргельсовский оборот плюс одни сутки). Результаты суммирования – для

выявления важнейшей тенденции и подавления выбросов представлялись в виде усеченных средних (на уровне 20%).

В другом варианте анализа нулевым днем служил день гелиогеофизического события определенного класса, тогда по оси значений откладывались числа терактов в окрестности  $\pm 5$  суток относительно события. Среди таких событий были рассмотрены: «штилевые» дни ( $A_p \leq 2$ ); дни смены полярности ММП, отдельно с «+» на «-» и с «-» на «+» (датой смены полярности считаются последние сутки предыдущего знака); дни начала геомагнитных возмущений (дни со значениями  $A_p \geq 40$ , а также дни с резким возрастанием магнитной активности, при условии, что предыдущее геомагнитное возмущение происходило не позднее, чем за 4 суток). Данные были взяты с сайтов НОАА, ИЗМИРАН.

Статистическая значимость результатов в обоих вариантах оценивалась  $\chi^2$ -критерием Пирсона, иногда – для анализа тенденций изменений индексов – по критерию знаков.

Поиск связей терактов с гелиогеофизическими показателями проводился как для всей общемировой выборки, так и отдельно для разных регионов. Кроме того, анализ проводился для разных околоодиннадцатилетних циклов солнечной активности, периодов с разным направлением общего магнитного поля Солнца (смена происходит раз в цикл в фазе максимума солнечной активности), для разных сезонов года и для отрезков календарного года, соответствующих данному знаку гелиошироты Земли.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

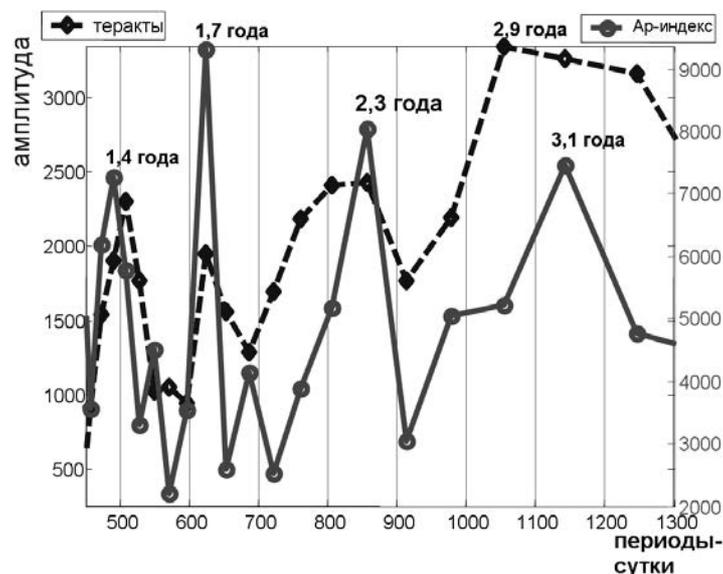
### **1. Присутствие в динамике террористической активности космофизических периодов**

Один из полученных спектров приведен к качеству примера на рис. 1. Массив из более ста подобных спектров проанализирован на предмет выявления устойчивых периодов. Все такие периоды перечислены в табл. 1 (ошибки в разделе «сутки» не превосходят  $\pm 0^d,5$ ).

Из табл. 1 следует, что почти все ритмы террористической активности имеют своих двойников в периодах индексов космической погоды. Есть только два исключения: в первом диапазоне отсутствует годовой ритм; во втором – имеется период 39,0 суток, не представленный в космофизике. Что касается годового периода, то его отсутствие могло бы оказаться обусловленным различием в сезонном распределении событий в различных регионах. Дополнительный анализ подтверждает такое предположение. Так, в Африке пик терактов приходится на август, в обеих Америках – на сентябрь-октябрь, в странах Ближнего Востока / Персидского Залива – на январь; Восточной Европы – на февраль и май; Западной Европы – март, июль и август; Азии – на июнь. Недельный период (7,0 суток) совпадает с календарным и не может быть истолкован однозначно. Пиковое значение числа террористических актов приходится на четверг и пятницу.

В последней правой колонке табл. 1 указан показатель, в вариациях которого данный период наиболее выражен. Можно предположить, что именно этот показатель вносит в вариации числа террористических актов с данным периодом основной вклад. Околодвухлетний цикл связан с вариациями чисел Вольфа. Однако, период около 9 лет представлен только в индексе магнитной активности.

**ЭФФЕКТЫ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ В ТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ**



**Рис. 1.** Периодограммы ритмики террористической активности и Ap-индекса геомагнитной активности в диапазоне 1,2-3,5 лет, полученные с помощью преобразования Фурье.

**Таблица 1.**  
Периоды в ритмике терактов и вариациях индексов космической погоды (1968-1998 гг.)

Годы	Ритмика терактов	Ap-индекс	W-числа Вольфа	Знак ММП	Наибольший вклад в ритмику
		<b>13,03±0,92</b>	<b>13,75±0,70</b>	22,38±2,50	
	<b>9,17±0,84</b>	<b>8,75±0,48</b>	10,33±0,59		Ap
	<b>4,74±0,26</b>	<b>5,23±0,39</b>	<b>4,98±0,11</b>	<b>5,32±0,33</b>	W
	<b>2,92±0,14</b>	<b>3,37±0,24</b>	<b>3,28±0,16</b>	<b>2,79±0,10</b>	W
	<b>1,84±0,05</b>		2,32±0,10	2,46±0,09	W
	<b>1,67±0,05</b>	<b>1,66±0,05</b>	<b>1,89±0,07</b>		W
	<b>1,47±0,04</b>	<b>1,37±0,04</b>		<b>1,48±0,04</b>	Ap
				1,20±0,03	ММП
		1,00±0,02	1,07±0,02	0,96±0,02	ММП
			0,88±0,02	0,83±0,02	ММП
			0,79±0,01	0,81±0,02	ММП
	0,61±0,01				
	<b>0,50±0,01</b>	<b>0,50±0,01</b>		<b>0,52±0,02</b>	Ap
				0,32±0,01	ММП

Продолжение таблицы 1.

Периоды в ритмике терактов и вариациях индексов космической погоды  
(1968-1998 гг.)

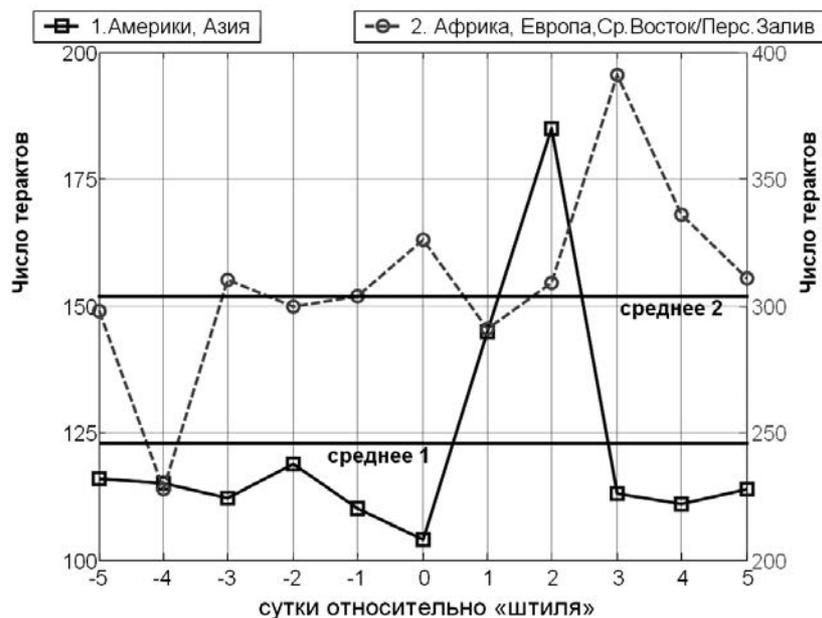
	Ритмика терактов	Ар-индекс	W-числа Вольфа	Знак ММП	Наибольший вклад в ритмику
Сутки	56,0	56,0		56,0	Ap
	51,5		51,5		W
	48,5		47,5		W
	43,0			45,5	ММП
	41,0	41,5	41,5	42,0	Ap, W
	39,0				
	37,5		37,5		W
	31,5	31,0	33,5	32,5	Ap
	27,5	29,0	28,0	29,5	W
	20,0	19,0	18,5		Ap
	13,5	13,5		14,5	ММП
				8,5	ММП
		7,0		7,0	ММП
			6,0	ММП	

## 2. Динамика террористической активности относительно выделенных изолированных ситуаций космической погоды

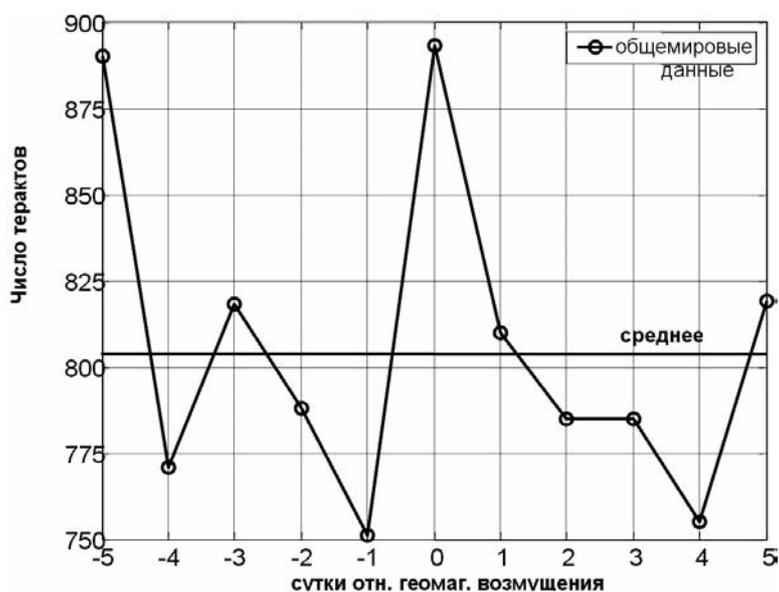
Поскольку ритмика актов террора, как следует из табл. 1, связана с вариациями разных космофизических показателей, должно существовать несколько характерных эпизодов космической погоды, сопровождающихся ростом числа этих событий. На рис. 2 показан усредненный суточный ход числа терактов относительно дат «геомагнитных штителей» ( $Ar \leq 2$ ). Кривые относятся к двум группам регионов, возрастания на 2-3 сутки значимы на уровне  $P < 0.02$ . На рис. 3 в качестве реперных дней были взяты противоположные ситуации – изолированные случаи повышенной геомагнитной активности ( $Ar \geq 40$ ). Число терактов возрастает в день возмущения ( $P < 0.05$ ). Можно заметить, что графики на рис. 2, 3 согласуются друг с другом, поскольку магнитные бури с постепенным началом обычно фиксируются после низких значений геомагнитных индексов.

На рис. 4, 5 показаны изменения числа терактов относительно дней смены полярности ММП (соответственно для переходов «+» → «-» и «-» → «+»). Результаты в целом сходны для различных регионов, поэтому показаны общемировые данные. Прохождение границ секторов ММП сопровождается характерными вариациями геомагнитной активности. Поэтому однозначное истолкование результатов, полученных при таком большом усреднении (число реперных пунктов соответственно 418 и 408) затруднительно. Важно отметить только зеркальный ход кривых для разных типов границ. Число терактов возрастает при переходе от отрицательной полярности к положительной.

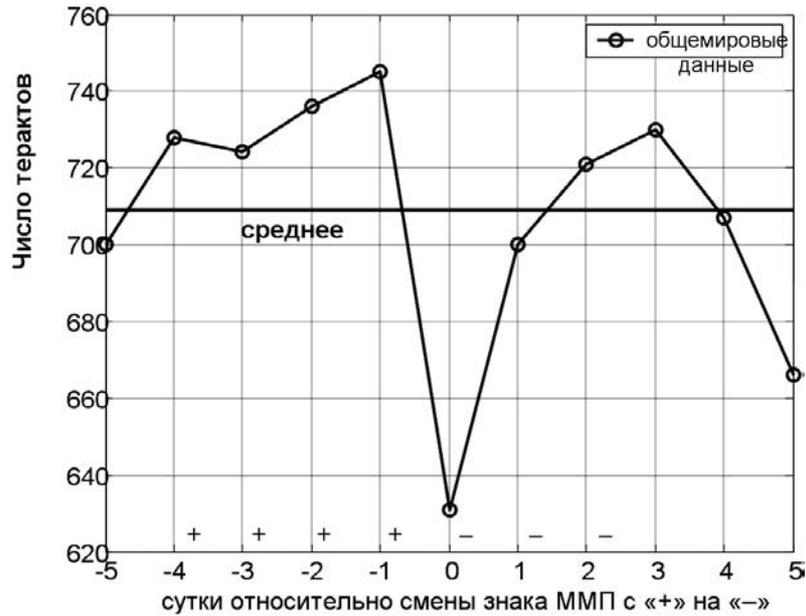
## ЭФФЕКТЫ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ В ТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ



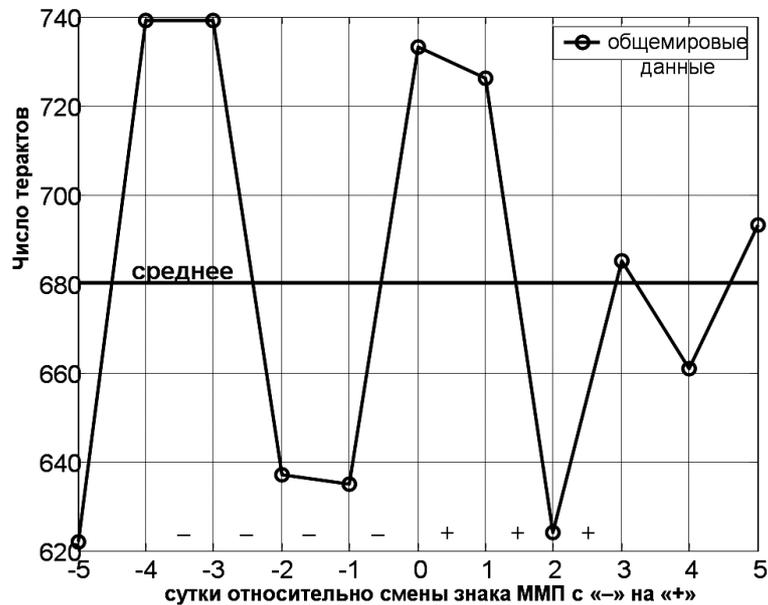
**Рис. 2.** Динамика терактов (1968-2005 гг.) относительно дат начала магнитных «штилей» ( $A_p \leq 2$ ); количество гелиогеофизических событий 149. По оси абсцисс – сутки относительно дат начала магнитных «штилей». По осям значений – числа терактов. Горизонтальными чертами отмечены средние арифметические количества терактов для двух групп регионов.



**Рис. 3.** Динамика терактов (1968-2005 гг.) относительно дат начала геомагнитных возмущений; количество гелиогеофизических событий – 426. По оси абсцисс – сутки относительно дат начала геомагнитных возмущений. По оси значений – число терактов. Горизонтальной чертой отмечено среднее арифметическое количество терактов.



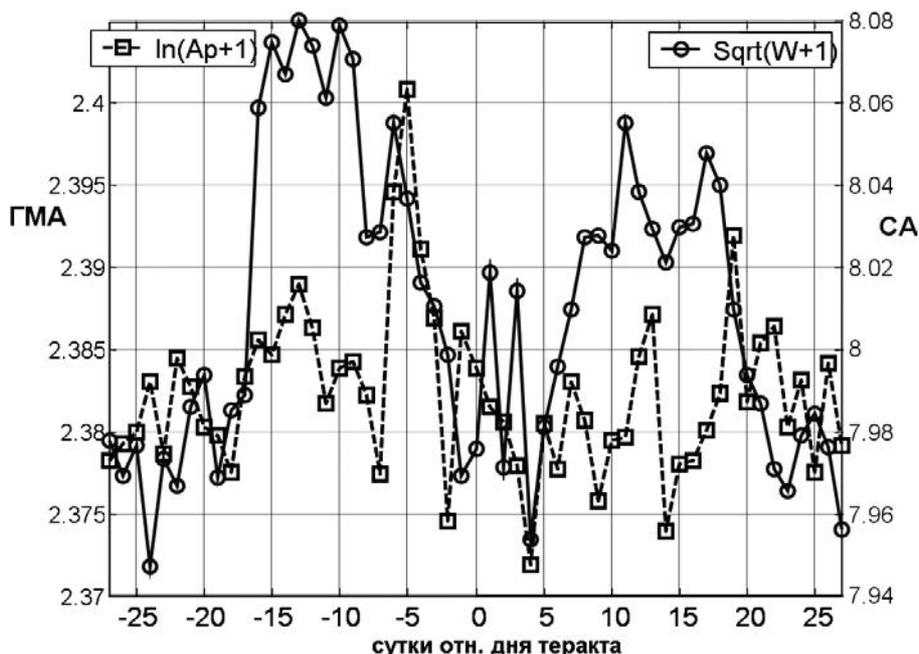
**Рис. 4.** Число терактов относительно дат смен полярности ММП с «+» на «-». Количество гелиогеофизических событий – 418. Горизонтальной чертой отмечено среднее арифметическое количество терактов.



**Рис. 5.** Число терактов относительно дат смен полярности ММП с «-» на «+». Количество гелиогеофизических событий – 408. Горизонтальной чертой отмечено среднее арифметическое количество терактов.

**3. Ход показателей космической погоды относительно дат терактов**

Ход ежесуточных значений геомагнитной и солнечной активности (соответственно  $\ln(Ap + 1)$  и  $\sqrt{W + 1}$ ) в интервале  $\pm 27$  суток относительно даты теракта представлен на рис. 6 для общемировых данных. Наблюдаемые здесь тенденции отражают наиболее общие закономерности. Они остаются в силе для циклов солнечной активности разной четности и при смене полярности общего магнитного поля Солнца.



**Рис. 6.** Геомагнитная (ГМА) и солнечная активность (СА) в диапазоне  $\pm 27$  сут. относительно дат терактов (общемировая статистика). Количество случаев – 23491 в диапазоне 1968-2005 гг.

Для оценки достоверности тенденций однонаправленных изменений геомагнитной и солнечной активности было произведено усреднение ежесуточных рядов геомагнитной и солнечной активности по неделям с реперной точкой – неделя теракта ( $\pm 3$  суток от дня теракта плюс день теракта составляют нулевую неделю, и т.д.). На рис. 7 для наглядности представлены отрицательные логарифмы значимости различий (большому значению соответствует больший уровень значимости). Достоверной по критерию знаков однонаправленной тенденции в изменении индекса соответствуют значения, большие 1.3, что соответствует отрицательному десятичному логарифму от уровня значимости 0.05. Следовательно, наиболее вероятна ситуация спада солнечной активности на неделе, когда происходит теракт, по сравнению с предшествующей неделей. Что касается геомагнитной активности, вероятны сначала повышение геомагнитной активности за 4-10 суток до теракта, а потом ее снижение в неделю теракта.

Показанная на этом графике закономерность не является, однако, стабильной. При рассмотрении отдельных участков анализируемого ряда выявляются интервалы полгода, год, когда паттерн рис. 6 не наблюдается, либо сменяется на противоположный.

Аналогичная ситуация, но еще более резко выраженная, обнаруживается для изменений полярности ММП относительно дат теракта. На данном этапе анализа установить причину описанных вариаций (явно не имеющих характер статистических флуктуаций) не удалось.

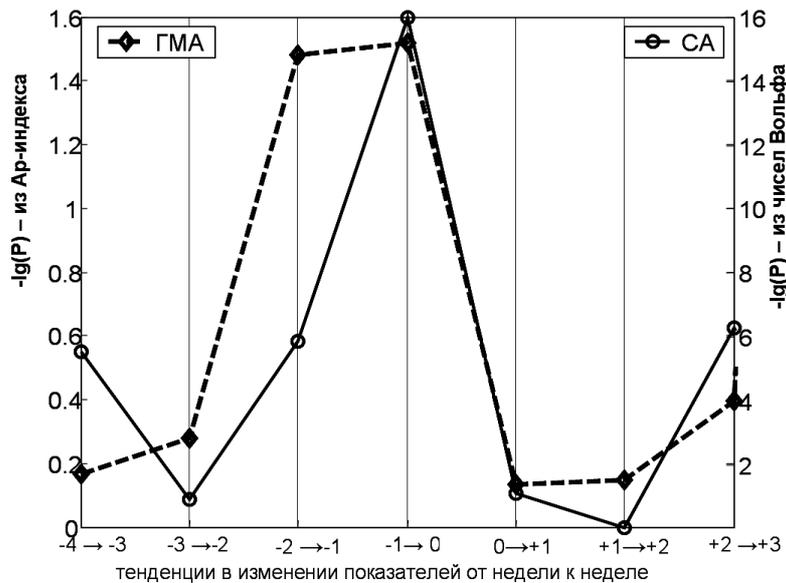


Рис. 7. Достоверность тенденций в изменении геомагнитной и солнечной активности между соседними неделями относительно недели теракта. Количество случаев – 23491 в диапазоне 1968-2005 гг.

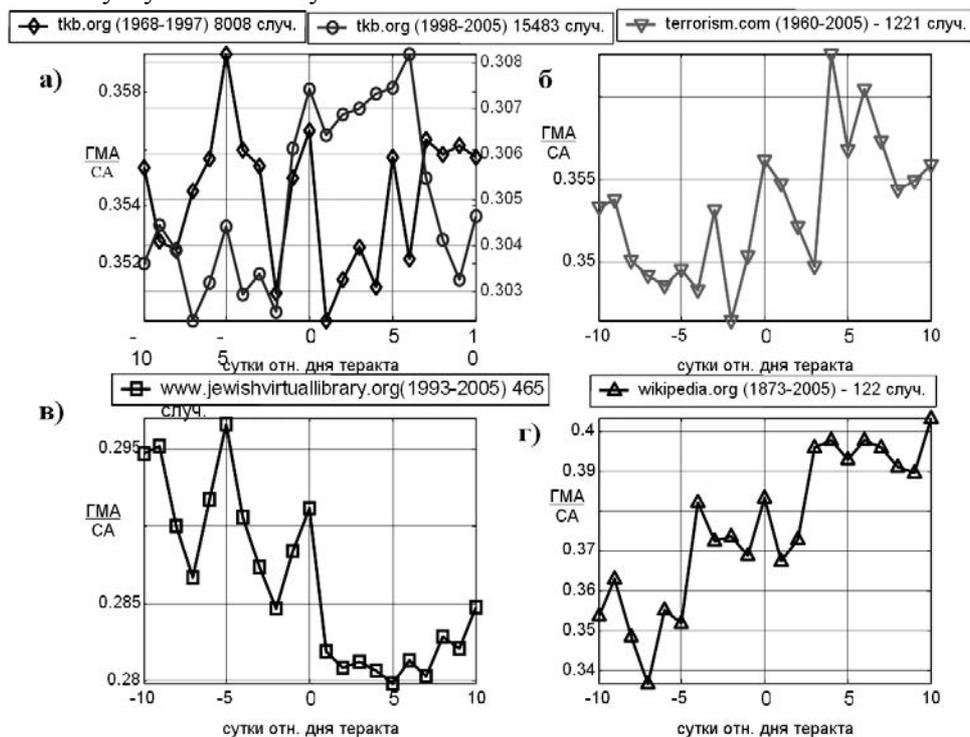
Описанная картина обнаруживается также для других массивов данных, взятых из независимых источников. Это можно видеть из графиков на рис. 8, где применен

комбинированный индекс отношений магнитной активности к солнечной  $\frac{\ln(Ap+1)}{\sqrt{W+1}}$ . Для каталога [www.tkb.org](http://www.tkb.org) (рис. 8a) статистика позволяет рассматривать отдельно случаи только международных терактов (1968-1997 гг.) и таких же событий, но с включением терактов местного масштаба (1998-2005 гг.) Из рассматривания этих графиков следует, что даты терактов всегда располагаются на градиенте комбинированного индекса, но знак градиента может быть разным. Хорошо заметен также «локальный» максимум индекса в день теракта.

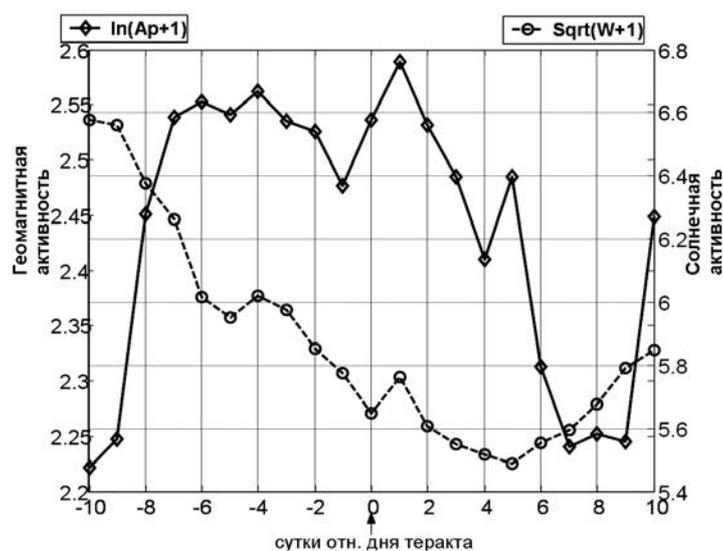
Из рис. 8a можно видеть, что ход индекса относительно реперной точки изменился при включении в рассмотрение событий иной географической и организационной принадлежности. Это наводит на мысль, что достаточно мощные и долгоживущие террористические организации имеют свой особенный космофизический «ритмотип». На рис. 9, 10, 11 аналогичные графики построены для дней «операций» группировок Хамас, Хезболла и Талибан. Статистика в данном случае скромная, данные отчасти являются разновременными, однако различие хода изменения индексов относительно реперного дня группировки Талибан от таковых Хамас и Хезболла столь значительны, что их следует считать реальными. Нет сомнений, что это вопрос заслуживает дальнейшего

## ЭФФЕКТЫ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ В ТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

специального углубленного изучения.



**Рис. 8.** Отношение геомагнитной к солнечной активности  $\frac{\ln(Ap+1)}{\sqrt{W+1}}$  в диапазоне  $\pm 10$  суток относительно дат терактов.



**Рис. 9.** Геомагнитная и солнечная активность в диапазоне  $\pm 10$  сут. относительно дат терактов, совершенных группировкой Хамас в 1987-2005 гг. Количество случаев – 532.

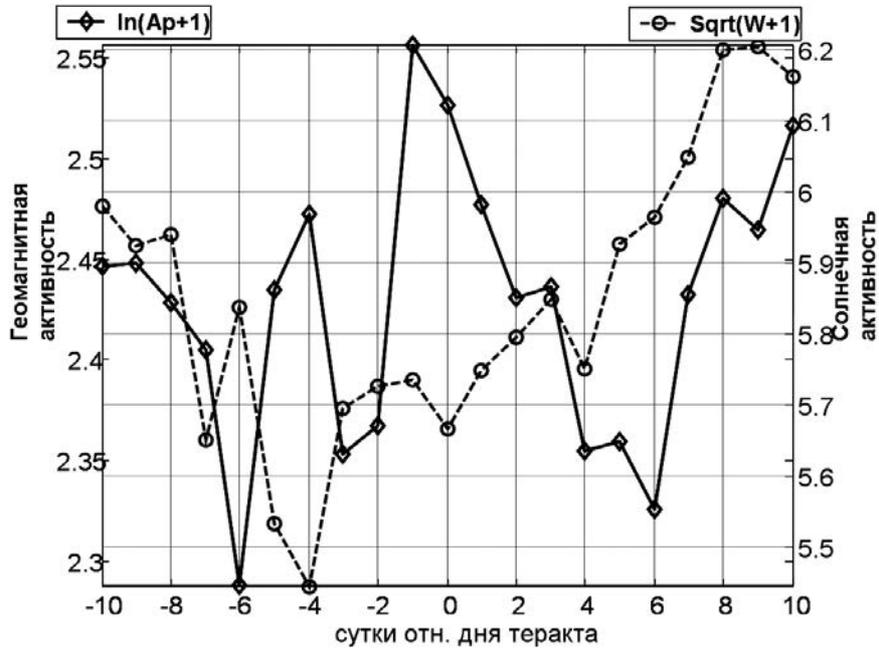


Рис. 10. Геомагнитная и солнечная активность в диапазоне  $\pm 10$  сут. относительно дат терактов, совершенных группировкой Хезболла в 1983-2005 гг. Количество случаев – 176.

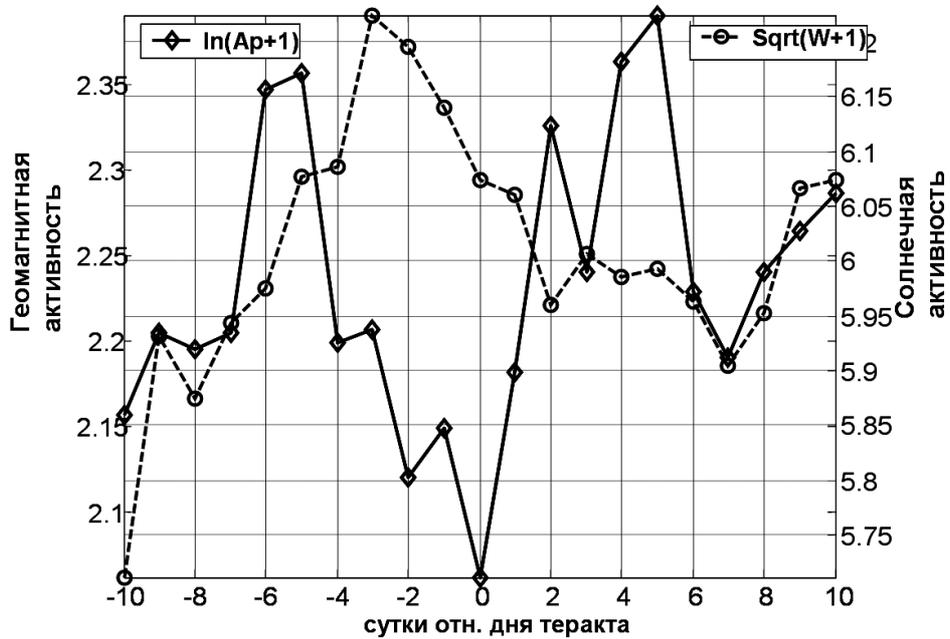
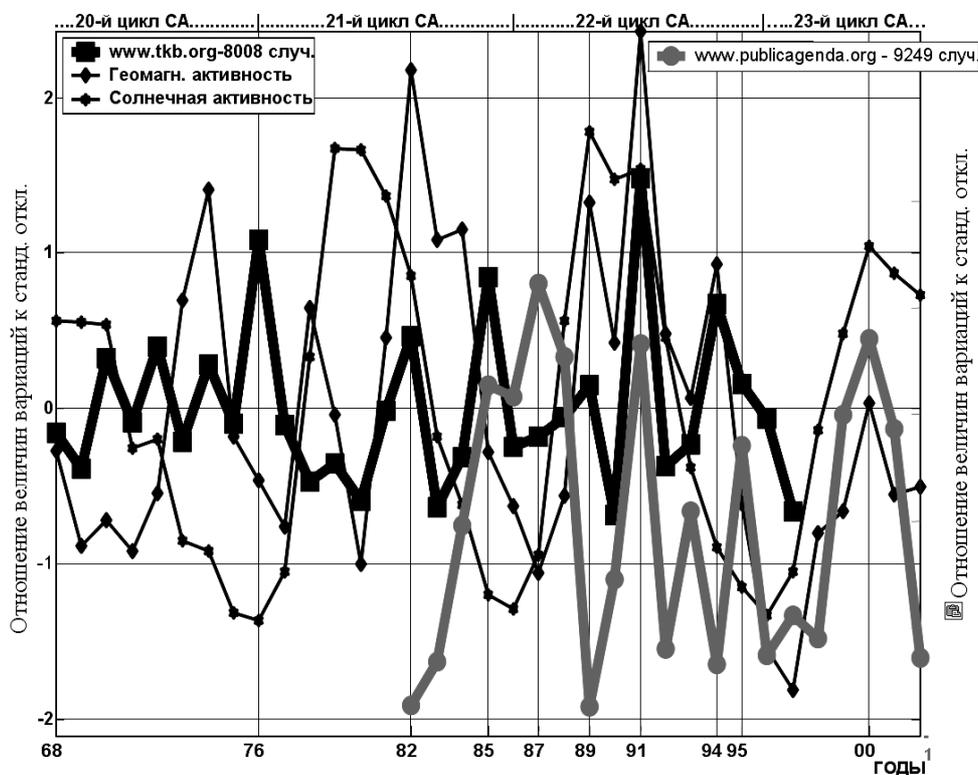


Рис. 11. Геомагнитная и солнечная активность в диапазоне  $\pm 10$  сут. относительно дат терактов, совершенных группировкой Талибан в 1995-2005 гг. Количество случаев – 168.

**4. Динамика терроризма в шкале 11-летних циклов солнечной активности**

На рис. 12, 13 представлены вариации среднегодовых значений числа терактов для двух независимых массивов данных (мировая статистика). Как видно, здесь не обнаруживается четко выраженной глобальной закономерности. Между двумя кривыми нет заметной корреляции. Это согласуется с отсутствием корреляции между ходом террористической активности в различных географических регионах. Вместе с тем, на графиках можно усмотреть тенденции соответствующие закономерностям, рассматривавшимся выше: пики террористической активности располагаются близ минимумов солнечной активности, и часто совпадают с годами повышенной геомагнитной возмущенности. В шкале суток это должно соответствовать повышению частоты следования терактов при возрастании значения комбинированного индекса (отношение геомагнитной активности к солнечной), что реально и обнаруживается.



**Рис. 12.** Сопоставление вариаций общемировой статистики международных терактов из двух независимых источников (с сайтов [www.tkb.org](http://www.tkb.org) и [www.publicagenda.org](http://www.publicagenda.org)) с вариациями солнечной ( $W$  – числа Вольфа) и геомагнитной активности ( $A_p$ -индекс) за интервал 1968-2002 гг. Помимо пределов временного ряда, на оси абсцисс помечены годы локальных максимумов террористической активности.

Динамика террористической активности определяется совокупным влиянием большого числа самых разнообразных факторов – погодных и географических, экономических и социальных, идеологических и политических. Обнаружение в частоте следования терактов биологической ритмики, сопряженной с периодами космической

погоды, в этой связи может показаться странным парадоксом. Вот почему желательно еще раз вернуться к табл. 1 и сопоставить полученные данные с результатами, имеющимися в литературе. Прежде всего уместно отметить совпадение большинства периодов табл. 1 со значениями периодов солнечной активности и геомагнитной возмущенности, затабулированных в сводке [16]. Изучением биологической ритмики в последние десятилетия занимались многие авторы. Сопоставление их результатов с ритмикой террористической активности проведено в таблицах 2, 3 для обоих изучавшихся диапазонов периодов. В цитированных работах (библиографические ссылки см. в соответствующих колонках) измерялись весьма разнородные показатели, применялись различные процедуры вычисления, данные получены в разных географических пунктах в разное время. Тем не менее, большинство значений периодов в пределах ошибок совпадают. Можно обратить внимание на то, что период  $5,0 \pm 0,5$  года обнаружен для вариаций в обострении шизофрении и в ритмике суицидов. Хорошо известный в геофизике и космофизике околodвухнедельный цикл встречается постоянно. Из рассмотрения таблиц 2, 3 следует, что присутствие космофизической ритмики в террористической активности – реальное явление. Вполне вероятно, что эта ритмика имеет биологическое происхождение.

Таблица 2.

Сравнение ритмики терактов с биологической ритмикой (годы)

	Ритмика терактов из базы данных <a href="http://www.tkb.org">www.tkb.org</a>	Динамика преступлений в Москве [17]	Госпитализации при шизофрении [18]	Ритмика систолического давления [19]	Ритмика суицидов в Финляндии [20]	Заболелость дифтерией [21]	Волны жизни [22]
ГОДЫ					17,5		
	<b>13,03±0,92</b>		<b>11,97</b>			<b>14,0</b>	
					11,2	11,5	
	<b>9,17±0,84</b>	<b>8,5</b>				<b>8,4</b>	<b>9,6</b>
					6,9		
	<b>4,74±0,26</b>		<b>5,37</b>	<b>3,95</b>	<b>5,7</b>	<b>5,6</b>	
	<b>2,92±0,14</b>	<b>2,6</b>				<b>3,3</b>	<b>3,5</b>
	<b>1,84±0,05</b>	<b>1,9</b>		<b>1,86</b>			
	1,67±0,05						
	<b>1,47±0,04</b>	<b>1,4</b>					
		1,2		1,22			
		1,1	1,0	0,99			
			0,83	0,77			
	<b>0,61±0,01</b>		<b>0,55</b>	<b>0,63</b>			
<b>0,50±0,01</b>	<b>0,5</b>	<b>0,50</b>					

Таблица 3.

Сравнение ритмики терактов с биологической ритмикой (сутки)

	Ритмика терактов из базы данных www.tkb.org	Госпитализации при шизофрении и [18]	Ритмика изменчивост и колоний st. aureus [23]	Интегральная ритмика крыс [24]	Ритмика импеданса БАТ у волонтеров в [25].	Пероксида за в нейтрофилах крыс [26]
<b>СУТКИ</b>	<b>56,0</b>	<b>55,6</b>		Нет данных	Нет данных	Нет данных
	<b>51,5</b>		<b>51,0</b>			
	48,5					
	<b>43,0</b>	<b>45,0</b>	<b>45,0</b>			
	<b>41,0</b>	<b>42,1</b>				
	<b>39,0</b>	<b>38,9</b>				
	<b>37,5</b>	<b>37,0</b>	<b>36,0</b>			
	<b>31,5</b>		<b>31,0</b>			
	<b>27,5</b>	<b>28,0</b>		<b>28,4</b>		
		26,3	23,5; 25,0	22,6		
	<b>20,0</b>	<b>21,9</b>	<b>21,5</b>	<b>19,4;21,0</b>	<b>22,0</b>	<b>22,4</b>
		16,7	16	15,8		15,76
	<b>13,5</b>		<b>13,0</b>	<b>14,2</b>	<b>15,0</b>	<b>13,33</b>
			12,0	10,8;11,6		11,11
		8,9		8,6	9,0	8,37
	<b>7,0</b>	<b>7</b>	<b>7,0</b>	<b>6,8</b>	<b>7,0</b>	<b>7,6</b>
		6,3				
	5,2		5,6	5,5		
	4,4				4,7	
		3,5	3,6	3,5	3,4	

Изучение паттерна вариаций космофизических индексов в окрестностях дня проведения теракта показывает, что типичной ситуацией является наличие градиента в изменении индексов (разного знака), что можно было бы рассматривать как отклик в поведении биологической системы на производную. Как универсальное правило, в дни, предшествующие «операции» (либо в сам день ее проведения) имеет место возрастание геомагнитной возмущенности. В общих чертах это согласуется с данными, полученными в [12]. Удивительно, что вывод этой работы о возрастании вероятности совершения теракта после прохождения границы сектора ММП типа «-» → «+» полностью совпал с результатами настоящего исследования. Как уже отмечалось во Введении, террористическая активность как явление неизбежно включает в себя уголовную преступность и скрытое суицидальное поведение. Как следует из табл. 2, все три феномена имеют общие периоды. В работе [27], где исследовались космофизические эффекты в динамике уголовной преступности, обращалось внимание на важную роль в вариациях частоты следования таких событий геомагнитных возмущений и дней геомагнитного «штиля». К сожалению, эти важные наблюдения сделаны на коротких интервалах времени и малой статистике. В общих чертах они согласуются с данными настоящей работы.

Что касается суицидального поведения, то связь этого феномена с изменениями космической погоды установлена давно (и была известна А.Л. Чижевскому). Из публикаций последних лет можно обратить внимание на работу [28], где показано, что

частота следования этих событий высокозначимо антикоррелирует с солнечной активностью ( $r = -0.6$ ,  $p < 0.0001$ ) и геомагнитной возмущенностью ( $r = -0.27$ ,  $p = 0.002$ ). В работе [29] отмечается, что риск суицида возрастает в дни резкого падения магнитной активности. Суммарная кривая хода космофизических индексов в окрестности суицида (или его попытки) была недавно получена на представительной статистике [30]. Оказалось, что дню суицидального акта предшествует достоверное повышение уровня геомагнитной возмущенности (в индексе C9). Но это разительно напоминает ход изменения магнитной активности близ дня теракта (см. рис. 6,7 настоящей статьи). Конечно, такая аналогия непременно должна иметь место, если какая-то доля боевиков террористов является реально скрытыми самоубийцами. Также, имеются черты поразительного сходства в гелиогеофизических ситуациях, характерных для терактов и обострений шизофрении. По данным [31], последние чаще происходят при спокойном или умеренно возмущенном состоянии геомагнитного поля (ср. с рис. 2, 3), а также при смене знака межпланетного поля с отрицательного на положительный (ср. с рис. 5). Число госпитализаций с шизофренией так же возрастает в годы минимума солнечной активности [31], как и число терактов (рис. 12).

При истолковании полученных данных неизбежно возникает вопрос о природе физического агента, действующего на нейрофизиологию – психику бойца-шахида и его коллег и помощников. В монографии [32] собраны аргументы в пользу гипотезы о том, что на биологические и социальные процессы в среде обитания действуют электромагнитные поля (радиоволны), генерируемые, в основном, в магнитосфере и контролируемые ионосферой, преимущественно в диапазоне очень низких частот, а также акустические колебания в том же диапазоне (инфразвук). Для настоящего исследования показательно, что интенсивность атмосферного инфразвука возрастает при повышенной геомагнитной активности [33] и пониженной солнечной активности [34] в диапазонах как нескольких суток, так и лет. Есть основания полагать, что повышение интенсивности атмосферного инфразвука наряду со специфическими изменениями спектра электромагнитного фона, могут являться факторами, воздействующими на психику.

Исследование космофизического аспекта террористической активности заслуживает, несомненно, дальнейшего углубленного исследования. Серьезного продвижения в изучении проблемы можно ожидать после создания соответствующей базы данных. Она должна охватывать достаточно продолжительный интервал времени (11-летние солнечные циклы) и содержать однородные – насколько это вообще возможно – данные, включая необходимые сведения о каждом событии.

## **ВЫВОДЫ**

1. В динамике террористической активности имеется ритмика космической погоды. Те же самые периоды, включая  $5,0 \pm 0,5$  года, околораздвухлетний цикл, около 27 суток, около 2 недель – есть в психиатрических данных (в динамике суицидального поведения, обострений шизофрении).
2. Обнаружен общий диагностический признак, сопутствующий совершению теракта: за несколько суток или в день террористической «операции» имеет место повышенная геомагнитная возмущенность. Аналогичный паттерн индекса магнитной активности имеет место для суицида.
3. Всплески терактов приурочены к годам с максимальной геомагнитной активностью, а также к годам с минимальной солнечной активностью.

**Список литературы**

1. Кустарев А. Всемирная гражданская // Новое Время. – 2005. - № 32, 33.
2. Терроризм в современном мире. Материалы «круглого стола» // Вопросы философии. – 2005. - № 6. – С. 3-36.
3. История терроризма в России / Сост. Будницкий О.В. – Ростов-на-Дону: «Феникс», 1996. – С. 529.
4. Гейфман А. Революционный террор в России, 1894-1917. – М.: «Крон-пресс», 1997. – 446 с.
5. Ольшанский Д.В. Психология терроризма. – СПб.: «Питер», 2002. – 286 с.
6. Сейджимен М. // Политический журнал. – 14.02.2005. - № 5 (56).
7. Кошель П. История российского терроризма. – М.: «Голос», 1995. – С. 211-370.
8. Чижевский А.Л. Физические факторы исторического процесса. – Калуга, 1924.
9. Ertel S. Space weather and revolutions // Studia psychologica. – 1996. – Vol. 38, N 1-2. – P. 3-22.
10. Владимирский Б.М., Темуриянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу (Гелиобиология от А.Л.Чижевского до наших дней). – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 374 с.
11. Чижевский А.Л. Модификация нервной возбудимости под влиянием пертурбаций во внешней физико-химической среде // Русско-немецкий медицинский журнал. – 1928. - № 8. – С. 431.
12. Владимирский Б.М., Конрадов А.А. Космическая погода и террористическая активность // Геофизические процессы и биосфера. – 2005. – Т. 4, №1/2. – С. 165-169.
13. К.В. Жаринов. Терроризм и террористы. – Минск: «Харвест», 1999. – 606 с.
14. Григорьев П.Е., Мартынюк В.С., Темуриянц Н.А. О зависимости биологической значимости различных индексов космической погоды от многолетних гелиогеофизических вариаций // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия “Биология”. – 2004. – Т.18(57). – №1. – С. 88-93.
15. Григор'єв П.Є. Зв'язок інфрадіанної ритміки фізіологічних процесів у тварин з варіаціями геліогеофізичних факторів: Автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.02. / Тавр. Нац. Ун-т ім. В.І. Вернадського. – Сімферополь, 2005. – 22 с.
16. Владимирский Б.М., Нарманский В.Я., Темуриянц Н.А. Космические ритмы: в магнитосфере-ионосфере, в атмосфере, в среде обитания; в биосфере-ноосфере, в земной коре. – Симферополь, 1994. – 173 с.
17. Чибрикин В.М., Самовичев Е.Г., Кашинская И.В., Удальцова Н.В. Динамика социальных процессов и геомагнитная активность. 1. Периодическая составляющая вариаций числа зарегистрированных преступлений в Москве // Биофизика. – 1995. – Т. 40, вып. 5. – С. 1050-1053.
18. Самохвалов В.П. Эффекты космофизических флуктуаций при психических заболеваниях // Проблемы космической экологии; Т. 65. – Л.: Наука, 1989. – С. 65-80.
19. Halberg F., Chibisov S.M., Radysh I.V., Cornélissen G., Bakulin A.A. Time Structures (Chronomes) in Us and Around Us. – Moscow: PFUR, 2005. – 186 p.
20. Черноус С.А., Ролдугин В.К., Ронкко А., Виноградов А.Н. Риск суицидов и гелиогеофизическая обстановка // Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. – 2002. – Т. 3, М.: изд. «Янус-К». – С. 594-596.
21. Ягодинский В.Н. Гелиогеофизические факторы развития эпидемического процесса // Проблемы космической биологии. – 1973. – Т. 18. – С. 47-67.
22. Максимов А.М. Многолетние колебания численности животных, их причины и прогноз. – Новосибирск: Наука, 1984. – 350 с.
23. Фараоне П., Конрадов А.А., Зенченко Т.А., Владимирский Б.М. Гелиогеофизические эффекты в ежедневных показателях жизнедеятельности бактерий // Геофизические процессы и биосферы. – 2005. – Т. 4., № 1/2. – С. 89-97.
24. Григорьев П.Е., Мартынюк В.С., Темуриянц Н.А., Чуян Е.Н. Особенности синхронизации физиологических процессов у крыс с вариациями космической погоды при гипокинезии и действии КВЧ-излучения // Проблемы, достижения и перспективы развития медико-биологических наук и практического здравоохранения. Труды Крымского гос. мед. ун-та им. С.И.Георгиевского. – 2004. – Т. 141. – С. 45-49.
25. Московчук О.Б. Вплив низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надзвичайно високої частоти на інфрадіанну ритміку фізіологічних процесів: Автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.13 / Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського. – Сімферополь, 2003. – 20 с.
26. Темуриянц Н.А., Минко В.А., Яцкевич Т.В. Инфрадианная ритмика физиологических процессов у крыс с низкой двигательной активностью в открытом поле при действии слабого переменного магнитного поля

- сверхнизкой частоты // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – Т. 18 (57). – 2005. – С 140-152.
27. Авдомина Е.Н., Самовичев Е.Г. Некоторые гелиогеофизические характеристики серий особо опасных преступлений // Биофизика. – 1995. – Т. 40, №5. – С. 1060-1063.
  28. Stoupe E., Petrauskiene J., Abramson E., Kalediene R., Sulkes J. Distribution of monthly deaths, solar and geomagnetic activity: their interrelationship in the last decade of the second millennium: the Lithuanian study 1990-1999 // Biomed Pharmacother. – 2002. – N 56, Suppl 2. – 301s-308s.
  29. Tunyi I., Tesarova O. Suicide and geomagnetic activity // Soud Lek. – 1991. – Mar;36(1-2). – P. 1-11.
  30. Григорьев П.Е., Розанов В.А., Любарский А.В., Вайсерман А.М. Связь суицидального поведения с гелиогеофизическими факторами // Архив психиатрии. – 2005, №4(43). – С.20-25..
  31. Рудавина Л. В. Использование гелиогеофизических данных для повышения эффективности лечения больных шизофренией // Шизофрения: новые подходы к терапии: Сборник научных работ Украинского НИИ клинической и экспериментальной неврологии и психиатрии и Харьковской городской клинической психиатрической больницы № 15 (Сабуровой дачи) / Под общ. ред. И. И. Кутько, П. Т. Петрюка. — Харьков, 1995. — Т. 2. — С. 96–98.
  32. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу (Гелиобиология от А.Л.Чижевского до наших дней). – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 374 с.
  33. Владимирский Б.М. Атмосферный инфразвук как возможный фактор, передающий влияние солнечной активности на биосферу // Известия Крымской Астрофизической обсерватории. – 1974. – Т. ЛП. – С. 190-193.
  34. Сорока С.А., Калита Б.И., Мезенцев В.П., Каратаева Л.М. «Инфразвук в атмосфере и его связь с космическими и геосферными процессами». Львовский центр Института космических исследований НАНУ-НКАУ (ЛЦ ИКИ). – <http://www.isr.lviv.ua/Infrasoundru.htm>

**Григор'єв П.Є., Владимирський Б.М. Ефекти космічної погоди у терористичній активності** // Учені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2007. – Серія «Біологія, хімія». – Т. 20 (59), № 1. – С. 28 – 46.

Найбільший Інтернет-каталог світової терористичної активності MIPT Terrorism Knowledge Base (1968-2005 рр., 23500 подій) проаналізовано з метою пошуку ефектів космічної погоди в динаміці тероризму. Встановлено, що кількість терактів значимо зростає на 2-3 добу після геомагнітного «штилю», а також у день геомагнітного збурювання. Типовою геліогеофізичною ситуацією напередодні здійснення теракту є наявність градієнта (можливо різного знака) у зміні індексів; найбільш імовірне здійснення теракту при мінімумі сонячної активності на максимумі геомагнітної активності. У дні, що передують "операції" (або в сам день її проведення), як правило, має місце зростання геомагнітної обуреності. У діапазоні років терористична активність зростає в роки мінімуму сонячної активності й максимуму геомагнітної активності.

**Ключові слова:** терористична активність, космічна погода.

**Grigoryev P.Ye., Vladimirskiy B.M. The cosmic weather affects the terrorist activity** // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry". – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 28-46.

The biggest Internet database on the terrorism MIPT Terrorism Knowledge Base (1968-2005 years, 23500 events) was analyzed to find the effects of the cosmic weather in the terrorism dynamics. It was found that the attacks number significantly increases at 2-3 days after magnetic calm, and at the day of the magnetic disturbance. The typical heliogeophysical situation concomitant the attack is the gradient (it may be of the different sign) in the indices; the most probable situation is the minimum of the solar activity accompanied by the maximum of the geomagnetic activity. In the day of the attacks or some days before the increasing of the geomagnetic activity may occur. In the years range the terrorism activity increases during the years of maximal solar activity or minimal geomagnetic activity.

**Keywords:** terrorist activity, cosmic weather.

**УДК 57.045 : 57.056**

## **ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СВЯЗЕЙ ДИНАМИКИ ВЕГЕТАТИВНЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ГЕЛИОМЕТЕОФАКТОРАМИ**

*Григорьев П.Е., Поскотнинова Л.В.*

В результате 32-суточного мониторинга параметров variability сердечного ритма у здоровых лиц получены экспериментальные доказательства наличия индивидуальных (в том числе противоположных) вегетативных систематических реакций на одни и те же погодные факторы у разных испытуемых. Наиболее биотропными для здоровых лиц из показателей космической погоды за время мониторинга явились геомагнитная активность и смена знака межпланетного поля, а из метеоусловий – скорость ветра, факторы атмосферного давления и температуры.

**Ключевые слова:** гелиометеофакторы, variability сердечных сокращений, вегетативные процессы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Биологические процессы на всех уровнях системной организации, от молекулярного до социального, динамически связаны с физическими природными факторами – прежде всего гелиогеофизическими и метеорологическими. При этом организм использует квазипериодически изменяющиеся параметры внешней среды как датчики времени для собственных ритмических процессов в различных временных диапазонах – внутри суток, сезонов года, до десятков лет [1, 2]. Исследование сопряжения эндогенной организменной и экзогенной природной ритмики в инфранианном диапазоне особенно актуально. Во-первых, много спорных вопросов о приоритете и взаимодействии природных и социальных факторов в данном диапазоне; во-вторых, нет полной определенности в том, какие именно природные датчики времени используются организмами в диапазоне от суток до месяца; в-третьих, недостаточно исследованы индивидуальные особенности такой связи у здоровых лиц.

Цель данной работы – установить, с какими из квазипериодических гелиометеофакторов в наибольшей степени динамически связаны вегетативные процессы в инфранианном диапазоне.

Вопросы и задачи данного исследования:

1. Выявить наиболее биотропные гелиометеофакторы для данной выборки (за время мониторинга) в инфранианном диапазоне.
2. Для каждого испытуемого найти параметры связей вегетативных процессов с определенными характеристиками этих гелиометеофакторов.
3. По результатам исследования сделать обоснованные предположения о физических агентах наиболее биотропных гелиометеофакторов.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В литературе представлены результаты многосуточных мониторингов показателей организма здоровых лиц: измеряли артериальное давление [3, 4], частоту сердечных сокращений, индекс Кердо [5, 6], проводимость биологически активных точек [7, 8],

кожные электрические потенциалы [9]; потенциалы и симметрию зубца Т кардиоцикла [10], психоэмоциональное состояние [11, 12]; содержание миелопероксидазы в нейтрофилах и индекс регенерации нейтрофилов [11]; частоту дыхания, температуру тела, длительность индивидуальной минуты [13], некоторые параметры variability сердечного ритма [14 – 16], параметры психических процессов [12, 17 – 19], ЭКГ [20], а также индивидуальные особенности реактивности и адаптивности по различным пробам. В некоторых работах, однако, исследователи либо изучали влияние единичных средовых параметров на отдельные физиологические показатели, либо усредняли полученные результаты по выборке испытуемых, либо при значительной длительности мониторинга изучали всего несколько испытуемых, или же длительность исследования была мала для охвата всего инфранианного диапазона, либо сами условия эксперимента были экстремальными.

Методическая часть настоящего исследования строилась исходя из того, чтобы выявить особенности системных связей здорового целостного организма отдельных испытуемых с квазипериодическими параметрами среды в инфранианном диапазоне, при этом оперативно и неинвазивно снимая информативные показатели у существенного количества испытуемых. Задачам исследования соответствует применение метода оценки variability сердечного ритма (ВСР), позволяющего на основе анализа совокупности показателей отслеживать состояние вегетативной нервной системы и вегетативную реактивность организма [21].

Исследование проводили в конце февраля - в марте 2007 года в г. Симферополе (44°57' с.ш., 34°06' в.д.) на факультете психологии Таврического гуманитарно-экологического института – ежедневно, в середине дня, в течение 32 суток. Испытуемые 17 человек (5 мужчин и 12 женщин), возраст 18-34 года; на момент обследований не имели острых или обострений хронических заболеваний.

Оценка состояния вегетативной нервной системы осуществлялась по показателям ВСР, оцениваемых с использованием АПК «Варикард» (ООО «Рамена», г. Рязань) в положении сидя в течение 5 минут. Исследование ВСР проводилось согласно стандартам для анализа variability сердечного ритма, принятым на совместном заседании Европейского общества кардиологов и Северо-Американского общества электростимуляции и электрофизиологии в 1996 году.

Проанализированы следующие параметры variability сердечного ритма:

- ЧСС – частота сердечного ритма;
- RMSSD, мс, (the square root of the mean squared differences of successive NN intervals) – квадратный корень из суммы квадратов разностей между последовательными интервалами RR. Значение данного показателя определяется преимущественно влиянием парасимпатического звена вегетативной регуляции;
- AMo, %, – амплитуда моды, число значений кардиоинтервалов, равных Mo в процентах к общему числу зарегистрированных кардиоциклов. Является показателем активности симпатического звена регуляции;
- ИН – индекс напряжения, характеризующий активность механизмов симпатической регуляции;
- СС0 – показатель автокорреляционной функции, число сдвигов до первого отрицательного значения;
- СС1 – показатель автокорреляционной функции, значение коэффициента корреляции после первого сдвига;

## **ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СВЯЗЕЙ ДИНАМИКИ ВЕГЕТАТИВНЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ГЕЛИОМЕТЕОФАКТОРАМИ**

---

•TP (Total power), мс, - суммарная мощность спектра ВСР, в диапазоне от 0,003 до 0,40 Гц. Отражает суммарную активность вегетативной системы и увеличение парасимпатических влияний на сердечный ритм;

•HF (High Frequency), мс, - мощность высокочастотной составляющей спектра, диапазон частот 0,4-0,15 Гц. Мощность в этом диапазоне, в основном, связана с дыхательными движениями и отражает активность парасимпатического звена регуляции;

•LF (Low Frequency), мс, - мощность низкочастотной составляющей спектра, диапазон частот 0,15-0,04 Гц. Имеет смешанное происхождение, отражает барорефлекторную активность, в реализации которой задействованы как симпатический, так и парасимпатический отделы вегетативной нервной системы;

•VLF (Very Low Frequency), мс, - мощность сверхнизкочастотной составляющей спектра, диапазон частот 0,04-0,003 Гц. Отражает активность подкорковых структур симпатического звена регуляции;

Параллельно регистрировали параметры артериального давления по методу Короткова. Для исключения артефактов, а также для учета психоэмоциональной составляющей влияния погодных условий фиксировалась полная информация о состоянии, значимых и специфических событиях испытуемых (в том числе и данные менструального цикла у женщин). Испытуемые не были информированы о состоянии и прогнозах космической погоды. Математическую обработку результатов проводили с использованием методов наложения эпох; кросскорреляционного анализа; учета регулярности, однотипности и однофазности вегетативных реакций на каждый фактор. Анализовались связи параметров ВСР с среднесуточными и текущими значениями каждого из квазипериодических параметров – геомагнитная активность (Ap, Kp индексы, данные о типе и сроках магнитных возмущений); солнечная активность (числа Вольфа, поток солнечного радиоизлучения, вспышечная активность, рентгеновские события); скорость приземного ветра, атмосферное давление, температура, относительная влажность, интенсивность и характер облачности, осадки, весовое содержание кислорода, а также с их внутрисуточными дисперсиями, градиентами (разностями между среднесуточным значением и значением за предыдущие сутки) и их модулями, а также пиковыми значениями их величин. Были использованы опубликованные данные из открытых источников: с сайтов [www.izmiran.ru](http://www.izmiran.ru), [ftp.ngdc.noaa.gov](http://ftp.ngdc.noaa.gov), Симферопольской метеостанции.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

После проведения мониторинга были сопоставлены данные ВСР, параметров внешней среды, с учетом социальных и жизненных событий. В качестве типичного примера исходных данных на рис. 1 динамика индекса в течение мониторинга сопоставляется с магнитовозмущенными и магнитоспокойными днями. Отчетливо наблюдается характер зависимости ИН от геомагнитных возмущений: ИН нарастает на 2 сутки после суток начала бури (с учетом времени ее наступления).

Сводные данные о наличии и параметрах систематических связей вегетативных процессов с гелиометеофакторами для каждого испытуемого представлены в таблице.

Связь параметров ВСР с динамикой геомагнитной активности (ГМА) прослеживалась у 13 человек из 17. При этом наблюдались признаки активизации

симпатического отдела вегетативной регуляции в день геомагнитного возмущения (5 человек), за сутки до данного события (1 человек), спустя 1-2 суток после него (3 человека) и с нестабильной временной фазой (1 человек). Наиболее встречаемыми эффектами были: снижение общей реактивности ВСР (показателей RMSSD и TP), повышение частоты сердечных сокращений (ЧСС), индекса напряжения и амплитуды моды длительности интервала RR (AMo%). Реже отмечалась синхронная динамика показателей автокорреляционной функции (CC0 и CC1) и артериального давления с ГМА. У 2 человек в день усиления ГМА (наличие геомагнитного возмущения, увеличение Kp и Ap) наблюдались признаки увеличения общей вегетативной реактивности с усилением дыхательной составляющей ВСР (увеличение TP, RMSSD, HF и CC1) и у 1 человека – спустя 2 суток после события. В исследованиях [22, 23] также установлено существование различных типов магнитореактивности у разных испытуемых, и, как следствие, различных типов реакций на электромагнитные факторы. В работе [9] указывается, что магнитоустойчивые индивиды реагируют (изменениями кожных потенциалов) на магнитные бури через сутки после ее начала, а магниточувствительные – за 4 суток до бури и в сутки ее начала. Изменения реактивности вегетативной регуляции по параметрам вариабельности сердечного ритма под влиянием магнитных бурь проводились у космонавтов [24, 25]. Однако стоит заметить, что данные условия следует рассматривать как экстремальные, обуславливающие функциональную перегрузку регуляторных систем организма.

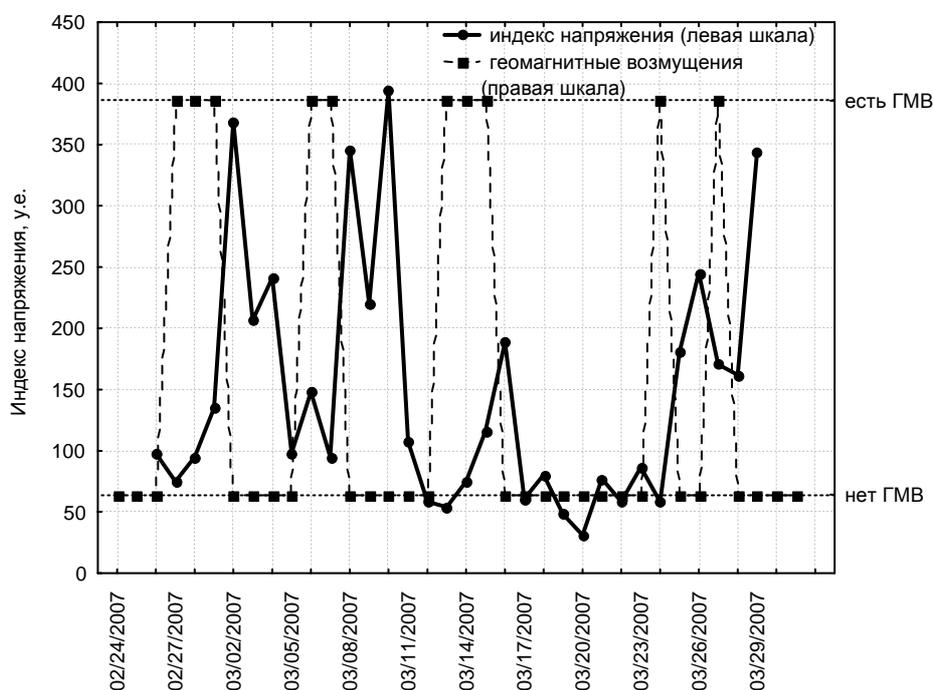


Рис. 1. Динамика индекса напряжения испытуемой Б. и геомагнитных возмущений (ГМВ).

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СВЯЗЕЙ ДИНАМИКИ ВЕГЕТАТИВНЫХ  
РЕГУЛЯТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ГЕЛИОМЕТЕОФАКТОРАМИ**

Таблица.

**Систематические связи вегетативных процессов (по показателям ВСР)  
с гелиометеофакторами**

№ испы- туемый	пол	ГМА	Скорость Ветра*	Атм. Давление*	Температура*	Влаж- ность*	Облачность*	смена знака ММП	СА, вспышки**
1	Ж	$\uparrow S \downarrow TP$	$\downarrow S \uparrow TP \setminus (F 1)$	$\uparrow S \setminus (INST)$	$\uparrow S$			$\uparrow TP \downarrow S \uparrow VLF$	
2	Ж	$\uparrow S \downarrow TP \setminus (L 2)$			$\uparrow S \uparrow VLF \setminus (L 1)$			$\uparrow TP \setminus (L 2)$	
3	Ж	$\downarrow TP \setminus (L 1)$		$\uparrow S \setminus (INST)$		$\uparrow S \setminus (INST)$			
4	Ж		$\uparrow TP$		$\uparrow P \setminus (F 1)$		$\uparrow S$		
5	Ж	$\uparrow S \setminus (INST)$	$\uparrow S \setminus (INST)$	$\uparrow S$	$\uparrow TP$		$\uparrow S \uparrow HF \setminus (F 1)$		$\downarrow TP \setminus (L 1)$
6	М	$\uparrow S \downarrow TP$	$\downarrow S \uparrow TP \setminus (F 1)$	$\uparrow S \setminus (F 1)$		$\uparrow P \setminus (INST)$		$\uparrow P \setminus (F 1)$	$\uparrow TP$
7	М	$\uparrow S \downarrow TP$	$\uparrow S \setminus (L 1)$		$\uparrow S \setminus (F 1)$			$\uparrow TP \setminus (L 1)$	$\uparrow S$
8	М	$\uparrow S \setminus (L 2)$	$\uparrow S \setminus (L 1)$	$\uparrow TP \setminus (F 1)$	$\uparrow S \downarrow TP$			$\uparrow TP$	
9	М	$\uparrow P$	$\uparrow S$	$\uparrow S \setminus (INST)$		$\uparrow P \setminus (F 1)$		$\uparrow S$	
10	М		$\uparrow S$	$\uparrow S \setminus (INST)$	$\uparrow S \setminus (F 1)$			$\uparrow S$	$\uparrow S$
11	Ж		$\uparrow S \downarrow TP$	$\uparrow P \setminus (F 1)$				$\uparrow TP \setminus (F 1)$	
12	Ж	$\uparrow P$		$\uparrow S$				$\uparrow S \downarrow TP \setminus (L 1)$	$\uparrow TP \downarrow S$
13	Ж	$\uparrow S \downarrow TP$							
14	Ж	$\uparrow S \setminus (F 1)$	$\uparrow S$	$\uparrow S \setminus (INST)$					
15	Ж	$\uparrow P \setminus (L 2)$	$\uparrow S$	$\uparrow S \setminus (INST)$					
16	Ж		$\uparrow S \setminus (INST)$	$\uparrow S \setminus (INST)$	$\uparrow S \setminus (INST)$				
17	Ж	$\uparrow S$	$\downarrow S \uparrow TP \setminus (F 1)$		$\uparrow TP \setminus (INST)$				

**Пояснения к таблице 1:**

\* - включены связи, обнаруженные не только с исходными значениями гелиометеофактора, но и с его пиковыми значениями, дисперсией, градиентом и его абсолютными значениями.

\*\* - включены связи, обнаруженные с Числами Вольфа, потоком солнечного радиоизлучения, индексом вспышечной активности, рентгеновскими событиями.

P – парасимпатическая активность; S – симпатическая активность;

$\uparrow$  - повышение активности;  $\downarrow$  - снижение активности;

$\setminus (F 1)$  – фаза вегетативных процессов опережает (forestalling) гелиометеофактор на 1 сутки;

$\setminus (L 1)$  – фаза вегетативных процессов запаздывает (lagging) на 1 сутки;

$\setminus (L 2)$  – вегетативные процессы запаздывают (lagging) на 2 суток;

$\setminus (INST)$  – фаза вегетативных процессов нестабильна (instable) и может колебаться в пределах  $\pm 1$  сут. относительно хода гелиометеофактора.

Подчеркиванием выделены вегетативные процессы, совпадающие по фазе (происходящие в те же сутки) с гелиометеофакторами.

Кроме того, среда обитания космонавта кардинально отличается от земной атмосферы. Неслучайно в данных экстремальных условиях у космонавтов наблюдали однонаправленные изменения по пути активизации симпатических влияний как на периферическом уровне (напряжение барорефлекторных механизмов), так и на центральном уровне (активизация подкорковых центров сосудистой регуляции). В нашем исследовании спектр реакций на магнитные бури был достаточно широк, и он нуждается в дальнейшем изучении и систематизации. Есть мнения о механизмах влияния магнитной возмущенности на сердечно-сосудистую систему [14, 26]. Усиление активности симпатического отдела вегетативной нервной системы во время активности магнитных бурь показано еще А.Л. Чижевским [27]. Установлена нелинейная связь секреции

кортикостероидов надпочечниками (составляющего звена симпатической регуляции) с К-индексом [18].

У 9 испытуемых наблюдали изменения вегетативной активности, связанные со сменой знака межпланетного магнитного поля (ММП). Так, у 6 человек наблюдали снижение симпатической активности - в день или за день до смены знака ММП (4 чел.) и спустя 2 суток (2 человека). У 3 человек наблюдали признаки повышения симпатической активности в сутки смены знака ММП или спустя 1 сутки после события (повышение АМо и SI, снижение TP и RMSSD). Известно, что квазипериодические изменения полярности ММП являются одним из датчиков времени для организма в инфранианном диапазоне, что отражается как в параметрах иммунной системы [28], так и психофизиологических показателях [29]. Установлено, что частота острых нарушений сердечного ритма на фоне сердечно-сосудистых заболеваний коррелирует и со сменой секторной структуры ММП [5]. Именно со сменой полярности ММП наиболее существенно связан рост обострений психических заболеваний [30, 31].

У 13 испытуемых есть зависимость параметров ВСР от скорости ветра – у 9 человек активизируется симпатическая активность в день и  $\pm 1$  сутки, а у 4 – парасимпатическая, причем у 3 из них за 1 сутки до изменения скорости ветра. В различных исследованиях также отмечается биотропность данного параметра. Известно, что сильный ветер вызывает утомление; в зависимости от сезона и географического положения, ветер различных направлений может вызывать либо неблагоприятные реакции (фён, сирокко), либо улучшение самочувствия (трамонтана) [12]. Действие этих факторов проявляется и в закрытых помещениях, что указывает на связь скорости ветра с интенсивностью инфразвука. Положительная связь скорости ветра с интенсивностью инфразвука имеет экспериментальное подтверждение [32]. Со скоростью ветра коррелируют и психофизиологические показатели здорового человека, например, длительность индивидуальной минуты [13].

У 10 человек из 17 испытуемых вегетативные изменения связаны с ГМА и ветром, причем у 5 из них реакции симпатические на оба события, а у 5 реагируют разные отделы вегетативной системы на рассматриваемые факторы.

У 12 человек отмечены разнонаправленные вегетативные изменения на факторы атмосферного давления, а у 9 человек – на температурные факторы. Преимущественно наблюдались реакции увеличения симпатической активности в определенные фазы существенных изменений или колебаний давления и температуры – чаще, чем на абсолютные значения давления и температуры. По литературным данным параметры атмосферного давления и температуры зачастую становились доминирующими метеоэлементами, определяющими изменения вегетативной регуляции и кардиореспираторной системы, особенно в экстремальных климатических условиях Сибири, Арктики и Антарктики [23, 33]. В нашем исследовании, как видно из табл. 1, взаимосвязи параметра атмосферного давления и показателей ВСР были, в основном, нестабильными по фазе, а в отношении фактора температуры проявились широкие временные вариации индивидуальных реакций. Отсутствие четких биоэффектов от воздействия данных метеоэлементов может быть обусловлено, в частности, более мягким их воздействием на испытуемых в относительно комфортной среде обитания. Этим же

## **ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СВЯЗЕЙ ДИНАМИКИ ВЕГЕТАТИВНЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ГЕЛИОМЕТЕОФАКТОРАМИ**

---

можно объяснить весьма редкие однозначные и устойчивые взаимосвязи параметров ВСР с факторами влажности, осадков, облачности.

Не обнаружено ни у одного испытуемого взаимосвязей вегетативной реактивности с изменением весового содержания кислорода в атмосферном воздухе. По всей видимости, у здоровых людей развиты компенсаторно-приспособительные механизмы адаптации кардиореспираторной системы, что позволяет организму сохранять вегетативный гомеостаз в условиях нестабильного кислородного режима, вызванного изменением метеоусловий и космической погоды.

Лишь у 5 испытуемых были выявлены различные вегетативные реакции на факторы солнечной активности (СА): в день повышения СА или на следующий день увеличение симпатической активности у 3 человек и у 2 – снижение таковой. Это может быть связано с тем, что исследование проводилось в эпоху очень низкой солнечной активности, когда влияние данного фактора может быть относительно невелико. В исследовании [34] было установлено, что биотропность факторов солнечной активности как датчика времени для биосистем возрастает в годы с повышенной СА и невысокой ГМА, а биотропность факторов геомагнитной активности – в годы с низкой СА, что наблюдается в нашем исследовании. Это согласуется с данными [22] о том, что магнитоактивность испытуемых различна в разные фазы циклов солнечной активности.

Таким образом, наиболее значимыми (в порядке убывания) событиями для реактивности вегетативной нервной системы для здоровых лиц из факторов космической погоды явились геомагнитная активность и смена знака межпланетного поля, а из метеоусловий – скорость ветра, факторы атмосферного давления и температуры. Факторы влажности и весового содержания кислорода, актуальные для прогнозирования состояния лиц с нервно-психическими, сердечно-сосудистыми и дыхательными заболеваниями, по всей видимости, для молодых людей с развитыми компенсаторно-приспособительными системами имеют меньшее значение.

Отдельно, для каждого испытуемого, были сопоставлены данные ВСР с субъективно неблагоприятными днями, связанными с внешними социальными факторами. В среднем, число таких дней за время мониторинга у испытуемых составило  $3,82 \pm 0,61$ . Выраженные вегетативные реакции в окрестности  $\pm 1$  сут. наблюдались, в среднем, в половине случаев. При этом, как правило, эти реакции не пересекались во времени с вегетативными изменениями, связанными с гелиометеофакторами.

У 8 из 12 испытуемых-женщин не обнаружено изменений ВСР, связанных с менструальным циклом. У 2 женщин за 1-2 суток до начала цикла, у 1 женщины – в сутки начала цикла, у 1 женщины – в последние сутки менструального кровотечения, – наблюдались незначительное повышение ИН и снижение ТР; – при этом все они испытывали характерное недомогание. У двоих из этих 4 женщин эти симптомы совпали с соответствующими гелиометеофакторами (наблюдался эффект усиления соответствующих вегетативных изменений), а у 2 женщин не пересекались с ними.

По существующим данным [1, 23, 35, 36], показатели геомагнитной активности и полярности ММП отражают амплитудно-спектральные характеристики природного электромагнитного фона в диапазоне крайних низких частот, с геомагнитной активностью коррелирует интенсивность природного инфразвука, а также интенсивность природного инфразвука связана с флуктуациями атмосферного давления и скоростью ветра. Таким

образом, вегетативные процессы большинства испытуемых связаны именно с акустическими и электромагнитными колебаниями в диапазоне приблизительно от 0,001 до 100 Гц. Так, состояние барорефлекторной активности или активности сосудистого тонуса оценивается по изменениям в низкочастотной части спектра ВСР (LF), которая соответствует 0,04-0,15 Гц. Об активации подкорковых центров вегетативной регуляции судят по изменениям в полосе 0,015-0,04 Гц. Неслучайно у космонавтов [24] при магнитной буре регистрируются увеличение вклада именно низкочастотных волн, обуславливая напряжение работы симпатической регуляции на всех уровнях – барорефлекторных механизмов, сосудистого тонуса и подкорковых центров регуляции. Именно так возможна реализация резонансно-полевого механизма взаимодействия природных электромагнитных полей с собственными электромагнитными полями биологической системы (в данном случае электропроводящей системы сердца) – [37], поскольку само состояние вегетативной нервной системы определяется электромагнитными и механическими колебаниями, происходящие в организме с частотами в пределах этого диапазона. Согласно данным [38], низкочастотная область биоэффективных частот <100 Гц обусловлена параметрическим резонансом крупномасштабных систем (сердце, мозг, кровеносная система и т.п.) с факторами космической погоды, при этом биоэффективные частоты диапазона <100 Гц не одинаковы для разных организмов. Биологические макромолекулы также могут существенно изменять структурно-функциональные характеристики под действием слабых магнитных полей диапазона от 0 до 100 Гц [39].

В существующих медицинских классификациях погоды обычно рассчитывается степень ее неблагоприятности по совокупности показателей: в самом общем случае, чем сильнее перепады и возмущенность большего количества метеопараметров, тем больше степень патогенности [40, 41]. Наше исследование показывает необходимость учета влияния отдельных погодных составляющих для каждого испытуемого, на основании чего определяется индивидуальный паттерн метеочувствительности. Такая работа могла бы быть проделана для представителей профессий, сопряженных с аварийностью и риском для жизни людей, например, пилотов и диспетчеров. В самом деле, частота аварийных ситуаций на авиатранспорте (связанных с ошибочными действиями летного состава) возрастает в дни смены полярности ММП [42]. Соотнося эти данные с нашими результатами, следует учесть, что из всех проанализированных факторов, именно со сменой знака ММП чаще связано подавление симпатической активности испытуемых. Следует также учесть, что в отличие от температуры, приземного ветра и атмосферного давления, физические корреляты смены знака ММП – резкие перестройки параметров магнитосферы и изменения спектра электромагнитных колебаний – присутствуют на полетных высотах.

Безусловно, для более полного и точного определения индивидуальных паттернов метеореакций требуется проведение подобных мониторингов в разные сезоны годы, в различных географических зонах, анализ связей с другими внешними факторами (направление ветра, микропульсации геомагнитного поля, интенсивность природного инфразвука и т.п.), в зависимости от конкретных исследовательских задач.

## **ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СВЯЗЕЙ ДИНАМИКИ ВЕГЕТАТИВНЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ГЕЛИОМЕТЕОФАКТОРАМИ**

---

### **ВЫВОДЫ**

1. Получены экспериментальные доказательства наличия индивидуальных (в том числе противоположных) вегетативных систематических реакций на одни и те же погодные факторы, у разных испытуемых.

2. Наиболее биотропными для здоровых лиц из показателей космической погоды за время мониторинга явились геомагнитная активность и смена знака межпланетного поля, а из метеоусловий – скорость ветра, факторы атмосферного давления и температуры.

2. Вегетативные реакции у большинства испытуемых связаны с крайненизкочастотными электромагнитными и акустическими колебаниями.

3. Вклад внешних социальных факторов в динамику вегетативных реакций большинства испытуемых относительно мал.

### **Список литературы**

1. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу (Гелиобиология от А.Л.Чижевского до наших дней). – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 374 с.
2. Владимирский Б.М., Нарманский В.Я., Темурьянц Н.А. Космические ритмы: в магнитосфере-ионосфере, в атмосфере, в среде обитания; в биосфере-ноосфере, в земной коре. – Симферополь, 1994. – 173 с.
3. Dimitrova S., Stoilova I. Geomagnetic Field Variations of Solar Origin and Human Physiological State // Тез. докл. Междисциплинарного семинара "Биологические эффекты солнечной активности", Пушино-на-Оке. - 2004. - С. 12-13.
4. Zenchenko T.A., Tsagareishvili E.V., Rogoza A.N., Oschepkova E.V., Breus T.K. Effects of geomagnetic and meteorological activity in cardiological patients // Proceedings of an Intern. Sci. Workshop, Moscow. – 2005. – P.132.
5. Рождественская Е.Д., Пыльская О.П., Лямова Г.В. Гелиобиологические исследования в кардиологии как метод изучения закономерностей распределения сердечно-сосудистых катастроф в их связи с гелиогеофизическими факторами // Проблемы космической биологии. т. 65. – Л.: Наука, 1989. - С. 15-23.
6. Вовк Т.Б., Горго Ю.П. Зв'язки метеорологічних параметрів з вегетативними та психофізіологічними показниками людини // Вісник Черкаського ун-ту. Серія Біологічні науки. –2002. – Вип.32. – С.13-19.
7. Рагульская М. В., Любимов В. В. Приборное изучение воздействия естественных магнитных полей на БАТ человека: методы, средства, результаты // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2000. - №11. (<http://jre.cplire.ru/jre/nov00/>)
8. Московчук О.Б. Вплив низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надзвичайно високої частоти на інфрадіанну ритміку фізіологічних процесів: Автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.13 / Таврійський національний університет ім.В.І.Вернадського. – Сімферополь, 2003. – 20 с.
9. Горго Ю.П., Мірошник Т.Г., Дідик Л.О., Зайченко О.М. Особливості функціонування біологічних об'єктів за дії низькочастотних магнітних полів різного походження // Вісник КНУ. Проблеми регуляції фізіологічних функцій. – 2005. – Т.10. – С. 28-29.
10. Вишневицкий В.В., Рагульская М.В., Файнзильберг Л.С. Влияние солнечной активности на морфологические параметры ЭКГ сердца здорового человека // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. - 2003. – № 3. – С. 3-12.
11. Верко Н.П., Григорьев П.Е., Кокарева М.А., Добрева И.И. Индивидуальная чувствительность человека к гелиогеофизическим факторам // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2006. – Т. 19 (58), №4. С. 3-7.
12. Волчек О. Д. Геокосмос и человек: Монография. – СПб.: Изд-во РГПУ, 2006. – 311 с.
13. Моисеева Н.И., Любичкий Р.Е. Воздействие гелиогеофизических факторов на организм человека. – Л.: Наука, 1986. – 136 с. – (Проблемы косм. биологии; Т. 53).
14. Бреус Т.К., Раппопорт С.И. Магнитные бури: медико-биологические и геофизические аспекты. – М.: Советский спорт, 2003. – 192 с.
15. Chernouss S., Antonenko O., Pyin V., Milinevsky G., Moiseenko Y. Heart rate variability parameters variations at geomagnetic disturbances in arctic and antarctic region // Physics of Auroral Phenomena, Apatity. – 2002. – P.157-160.

16. Горго Ю.П., Мірошник Т.Г., Богданов В.Б., Харковлюк Н.В., Ільїн В.М. Аналіз факторів впливу на функціональні стани людини в умовах антарктичної експедиції // Український Антарктичний журнал. – 2003. – №1. – С. 123-128.
17. Кайбышев М.С. Изучение измерений работоспособности летного состава при геомагнитных возмущениях // Солнце, электричество, жизнь. – М.: МОИП, 1976. – С. 31-33.
18. Агаджанян Н.А., Ораевский В.Н., Макарова И.И., Канониди Х.Д. Медико-биологические эффекты геомагнитных возмущений. – М.: «Тривант», 2001. – 136 с.
19. Бобко Н.А., Василік П.В. Влияние гелиогеофизических факторов на психофизиологические показатели оператора в условиях круглосуточного производства: роль функционального состояния // Междисциплинарный семинар "Биологические эффекты солнечной активности", Пушино-на-Оке. – 2004. – Стендовый доклад. <http://www.iki.rssi.ru/puschino/ppt/bobko.doc>
20. Delyukov A., Gorgo Yu., Cornelissen G., Otsuka K., Halberg F. The biometeorological analysis of 50-day human ЭКГ / Proceedings of the 15th International Congress of Biometeorology & International Conference of Urban Climatology / Eds. R.J. De Dear, J. C. Potter. – Sydney (Australia). – 1999. - ICB25.2. - 6 p. (on CD ROM).
21. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В., Гаврилушкин А.П., и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. – 2001. - № 24. – С. 65-87.
22. Деряпа Н.Р., Трофимов А.В. Человек и гелиогеофизическая среда: проблемы магнитоактивности организма // Проблемы космической биологии. – Л.: Наука, 1989. - Т. 65. - С. 8-15.
23. Шеповальников В.Н., Сороко С.И. Метеочувствительность человека / отв. ред. В.Я. Яковлев; АН Республики Кыргызстан, Ин-т физиологии и экспериментальной патологии высокогорья. – Бишкек: Илим, 1992. – 247 с.
24. Баевский Р.М., Т.К.Бреус, Г.А.Никулина, В.М.Петров, А.Г.Черникова. Влияние изменений магнитного поля Земли на функциональное состояние человека в условиях космического полета. Препринт ИКИ РАН. Пр-1987. – 1998. – 22 с.
25. Бреус Т.К., Баевский Р.М., Никулина Г.А., Чибисов С.М., Черникова А.Г., Пухляк М., Ораевский В.Н., Халберг Ф., Корнелиссен Ж., Петров В.М. Воздействие геомагнитной активности на организм человека, находящегося в экстремальных условиях, и сопоставление с данными лабораторных наблюдений // Биофизика. – 1998. – Т.43, Вып. 5. – С.811-818.
26. Гурфинкель Ю.И., Любимов В.В., Ораевский В.Н., Парфенова Л.М., Юрьев А.С. Влияние геомагнитных возмущений на капиллярный кровоток у больных ишемической болезнью сердца. Препринт No.1 (1051) М.: ИЗМИРАН, 1994. - 26 с.
27. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь - М.: Мысль, 1976 г. - 366 с.
28. Григорьев П.Е., Мартынюк В.С., Темуриянц Н.А. О связи активности дегидрогеназ с гелиогеофизическими факторами // Геофизические процессы и биосфера. – 2005. – Т.4, №1. – С.71-75.
29. Рудаков Я.Я., Мансуров С.М., Мансурова Л.Г. и др. Значение секторной структуры межпланетного магнитного поля в синхронизации психофизиологической регуляции человека // Электромагнитные поля в биосфере. Т.1: Электромагнитные поля в атмосфере Земли и их биологическое значение. М.: Наука, 1984. - С.150 - 159.
30. Рудавина Л. В. Закономерности влияния гелиогеофизических факторов на психическую патологию по данным клинических наблюдений за два 11-летних цикла солнечной активности // История Сабуровой дачи. Успехи психиатрии, неврологии, нейрохирургии и наркологии: Сборник научных работ Украинского НИИ клинической и экспериментальной неврологии и психиатрии и Харьковской городской клинической психиатрической больницы № 15 (Сабуровой дачи) / Под общ. ред. И. И. Кутько, П. Т. Петрюка. – Харьков, 1996. – Т. 3. – С. 325–326.
31. Корнетов А.Н., Владимирский Б.М., Самохвалов В.П., Корнетов Н.А. Шизофрения и секторные границы межпланетного магнитного поля // Материалы межвузовского семинара "Актуальные вопросы магнитобиологии" (27-30 мая 1979 г.). Симферополь: Симферопольский госуниверситет, 1979. - С.2 - 4.
32. Делюков А.А., Горго Ю.П. Флуктуации атмосферного давления инфранизких частот и метеочувствительность людей разного возраста // Проблемы старения и долголетия. – 2000. – Т.9, №4. – С. 348-357.
33. Кардиометеопатии на Севере / Хаснулин В.И., Шургая А.М., Хаснулина А.В., Севостьянова Е.В. - Новосибирск: СО РАМН, 2000. - 221 с.

## **ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СВЯЗЕЙ ДИНАМИКИ ВЕГЕТАТИВНЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ГЕЛИОМЕТЕОФАКТОРАМИ**

34. Григор'єв П.Є. Зв'язок інфрадіяної ритміки фізіологічних процесів у тварин з варіаціями геліогеофізичних факторів : Автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.02 / Тавр. нац. ун-т ім. В.І. Вернадського. – Сімферополь, 2005. – 20 с.
35. Владимирский Б.М. Атмосферный инфразвук как возможный фактор, передающий влияние солнечной активности на биосферу // Известия Крымской Астрофизической обсерватории. – 1974. – Т. ЛП. – С. 190-193.
36. Сорока С.А., Калита Б.И., Мезенцев В.П., Каратаева Л.М. «Инфразвук в атмосфере и его связь с космическими и геосферными процессами». Львовский центр Института космических исследований НАНУ-НКАУ (ЛЦ ИКИ). – <http://www.isr.lviv.ua/Infrasoundru.htm>
37. Дубров А.П. Геомагнитное поле и жизнь. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 175 с.
38. Хабарова О.В. Параметрический резонанс как возможный механизм влияния космической погоды на биообъекты // Тез. докл. Междисциплинарного семинара "Биологические эффекты солнечной активности", Пушино-на-Оке. - 2004. - С. 7.
39. Цейслер Ю.В. Вплив магнітних полів наднизької частоти на структурно-функціональні властивості глобулярних білків : Автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.02 / Київський нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. – Київ, 2007. – 22 с.
40. Никберг И.И., Ревуцкий Е.Л., Сакали Л.И. Гелиометеотропные реакции человека.- К.: Здоров'я, 1986.- 144 с.
41. Бокша В.Г., Богуцкий Б.В. Медицинская климатология и климатотерапия. - К.: Здоров'я, 1980. - 264 с.
42. Зенченко Т.А., Мерзлый А.М., Астахов С.А., и др., Анализ статистической связи гелиогеофизических факторов и динамики аварийности на международных авиалиниях за период 1947-2005 гг. // Тез. докл. конференции «Космос и биосфера», Партенит, Крым, Украина. – 2005. – С. 39.

**Григор'єв П.Є., Поскотінова Л.В. Індивідуальні особливості зв'язків динаміки вегетативних регуляторних процесів із геліометеофакторами // Учені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2007. – Серія «Біологія, хімія». – Т. 20 (59), № 1. – С. 47-57.**

В результаті моніторингу (впродовж 32 діб) параметрів варіабельності серцевого ритму здорових осіб експериментально доведено існування індивідуальних (у тому числі протилежних) вегетативних систематичних реакцій на одні й теж погодні чинники у різних досліджених персон. Найбільш біотропними показниками космічної погоди були геомагнітна активність і зміна знаку міжпланетного поля, із метеорологічних показників – швидкість вітру, чинники атмосферного тиску і температури.

**Ключові слова:** геліометеофактори, варіабельність серцевих скорочень, вегетативні процеси.

**Grigoryev P.Ye., Poskotinova L.V. The individual patterns in relations of the vegetative processes with heliometeorological factors // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry". – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 47-57.**

As a result of monitoring (of 32 days) of the heart rate variability in intact individuals the experimental evidences of the presence of the individual (including adverse) vegetative systematical reactions on the same weather indices, were obtained at different individuals. The most biologically effective among cosmic weather indices for the time of the monitoring were geomagnetic activity and the changes in polarity of interplanetary magnetic field; among meteorological indices – were the wind velocity, then the atmospheric pressure and the temperature.

**Keywords:** heliometeorological factors, heart rate variability, vegetative processes.

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.*

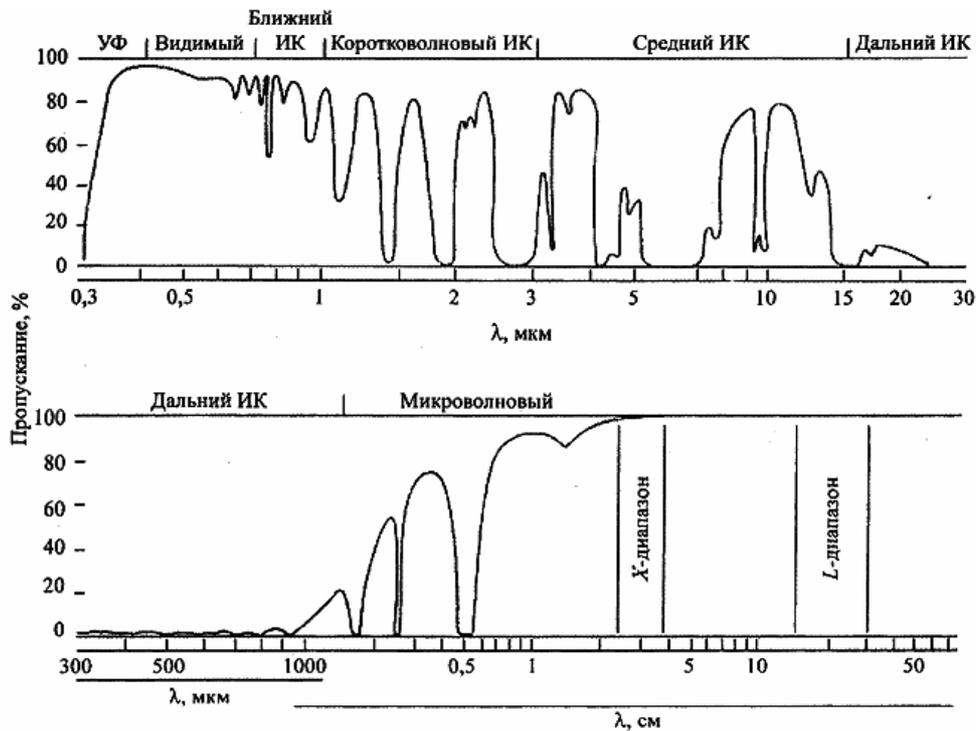
Работа посвящена выявлению закономерностей связи инфрадианной ритмики физиологических процессов организма с вариациями гелиогеофизических факторов (ВГФ) при воздействии искусственных низкоинтенсивных электромагнитных излучений крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ). Показано, что связь физиологических процессов 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 СВЯЗь 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  $10 \text{ мВт/см}^2$ . 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  $\alpha$ -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/см<sup>2</sup>; 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 амплитудно-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 вспященного 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  $\pm 4$  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 9<sup>00</sup> до 10<sup>30</sup> 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».

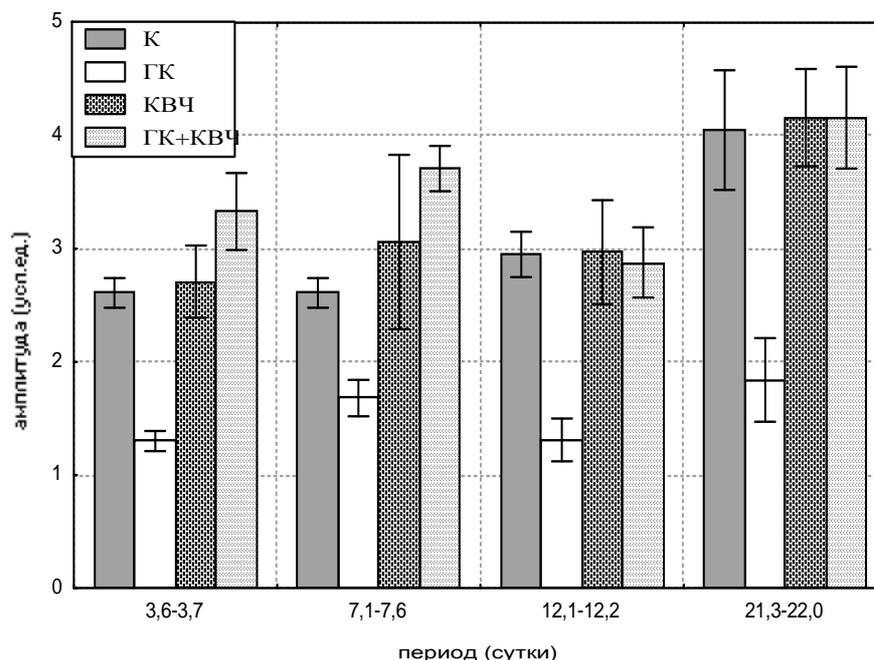
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -ГФДГ. Обнаружено также, что между активностями окислительно-восстановительных ферментов у интактных

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

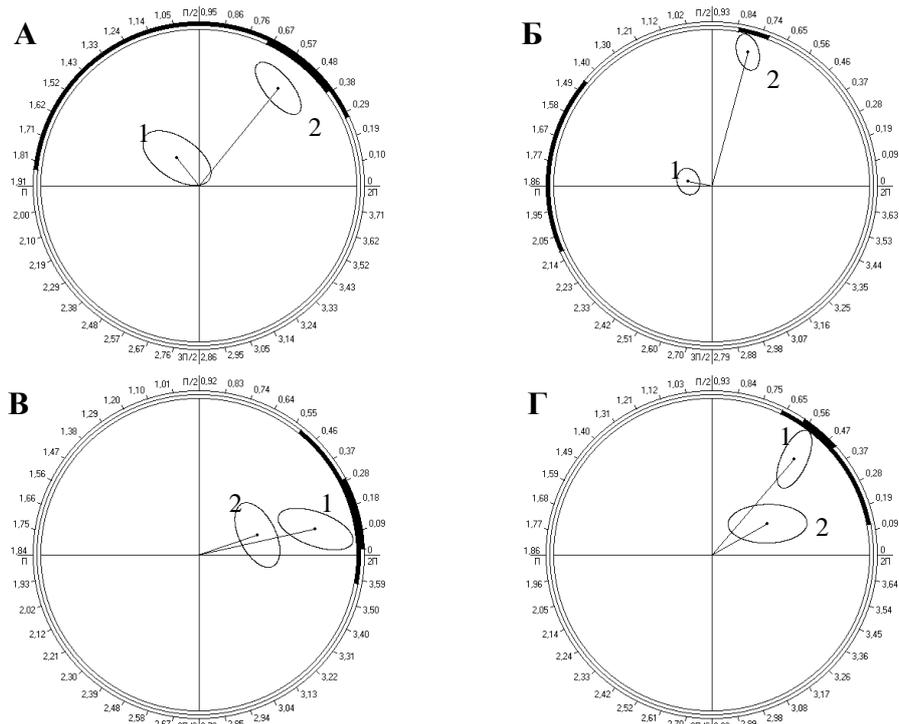
животных во всех выделенных периодах, за исключением околонедельного, существует определенная разность фаз (рис. 3-А), что подтверждает современные представления о том, что целостный организм может существовать только при определенных фазовых соотношениях различных колебательных процессов в клетках, 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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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 –  $\alpha$ -ГФДГ.

## **ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СВЯЗЬ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ**

---

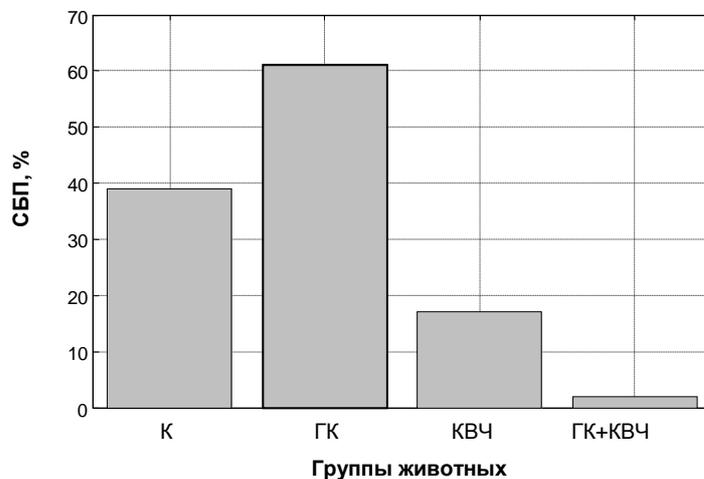
При десинхронозе, вызванном стресс-реакцией на ограничение подвижности ежедневное воздействие ЭМИ КВЧ оказывало корректирующее действие, что привело к нормализации инфрадианной ритмики показателей функциональной активности лимфоцитов (рис. 2, 3-Г). КВЧ-воздействие на животных, находившихся в условиях 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 взаимоотношений 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.

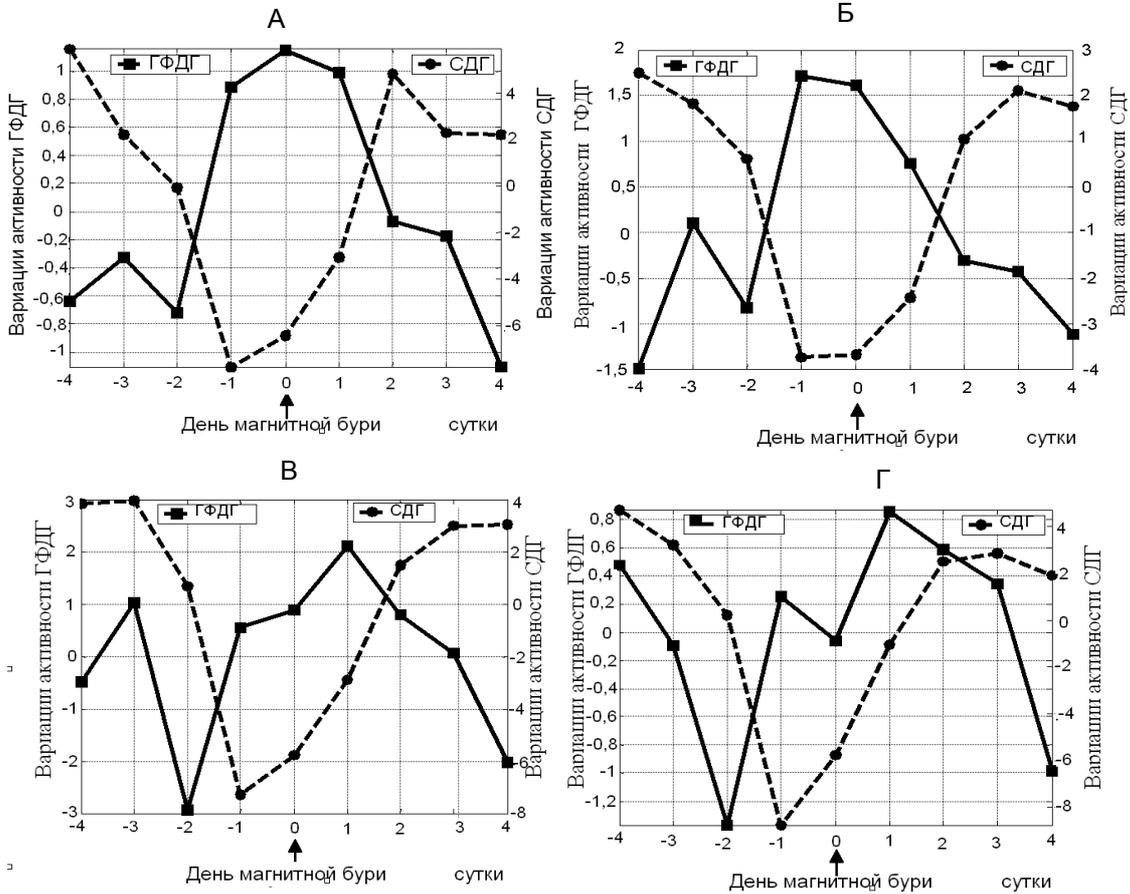
Таким образом, при воздействии ЭМИ КВЧ на организм, находящийся в состоянии внутреннего десинхроноза, вызванного развитием стресс-реакции на ограничение подвижности, происходит нормализация состояния за счет восстановления исходной

## **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.

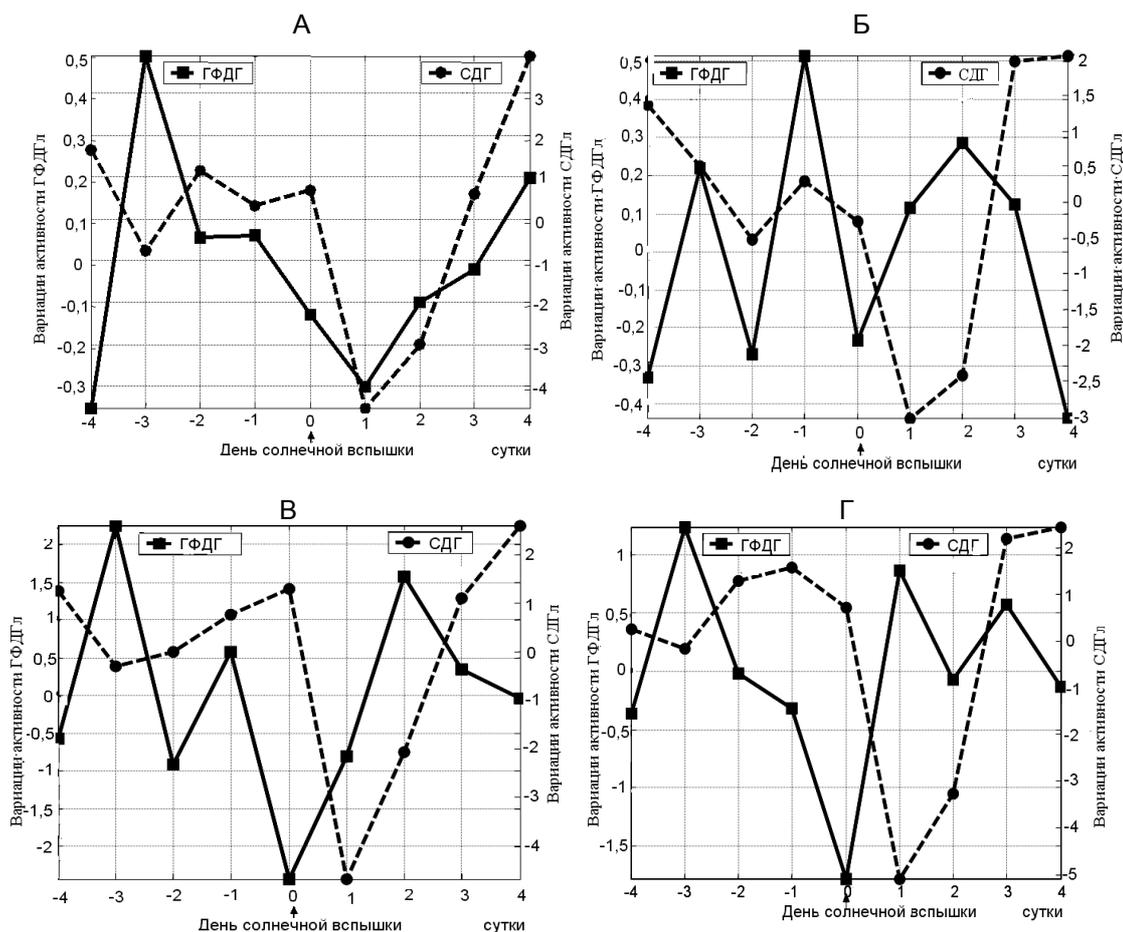


**Рис. 5.** Вариации средних активностей СДГ и ГФДГ в лимфоцитах крови крыс контрольной группы (А), подвергнутых действию гипокинезии (Б), воздействию ЭМИ КВЧ (В) и их комбинации (Г) в окрестности дат геомагнитных возмущений.

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 (ул. 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.: Гидрометеиздат, 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. – Minnesota. – 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, дегідрогенана 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.

УДК 591.1: 615.849.11

## БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯХ БЛОКАДЫ ОПИОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ

*Махонина М.М., Чуян Е.Н.*

Статья посвящена изучению биологического действия изолированного и комбинированного с экспериментально вызванной стресс-реакцией (гипокинезия) электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) ( $\lambda=7,1$  мм, плотность потока мощности  $0,1$  мВт/см<sup>2</sup>) в условиях выключения системы опиоидных пептидов (ОпП) одной из основных стресс-лимитирующих систем организма с помощью введения антагониста всех субтипов опиоидных рецепторов – налоксона. В ходе исследований было выявлено, что снижение активности симпатoadреналовой системы, происходящее у крыс под действием ЭМИ КВЧ низкой интенсивности, блокировалось предварительным введением антагониста рецепторов ОпП – налоксона. При блокаде рецепторов ОпП не наблюдалось повышения неспецифической резистентности иммунологической реактивности, изменения уровня мелатонина, концентраций цитокинов, содержания серотонина у животных, подвергнутых КВЧ-воздействию как в норме, так и в условиях стресса. Таким образом, была показана вовлеченность системы эндогенных ОпП в реализацию многих физиологических эффектов ЭМИ КВЧ. Следовательно, одним из механизмов биологического действия ЭМИ КВЧ является увеличение функциональной активности системы эндогенных ОпП.

**Ключевые слова:** низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ, опиоидные пептиды, налоксон, морфометрический анализ, микроспектральный люминесцентный анализ.

### ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия обнаружены многочисленные факты, свидетельствующие о высокой чувствительности биологических систем к низкоинтенсивному электромагнитному излучению (ЭМИ) миллиметрового (мм) диапазона, или крайне высокой частоты (КВЧ), сформулирован целый ряд гипотез о возможности резонансного взаимодействия ЭМИ этого диапазона с биологическими системами, выявлена зависимость биологической эффективности мм излучения от частоты и интенсивности воздействующего фактора, определены «частотные» и «амплитудные» окна [1-4]. Благодаря высокой биологической эффективности, ЭМИ КВЧ активно внедряется в медицинскую практику для лечения и профилактики широкого спектра заболеваний [5-6]. Доказано антистрессорное действие ЭМИ КВЧ при гипокинетическом (ГК), болевом, «иммунном» стрессах [7-9]. Установлено, что в механизмах биологического действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ при его изолированном, превентивном и комбинированном со стресс-факторами разной природы действия важную роль играют изменения активности симпатoadреналовой системы (САС), иммунореактивности и неспецифической резистентности [8]. Однако эти выводы были сделаны в основном с помощью цитохимических полуколичественных методов исследования показателей крови. Вместе с тем, для повышения достоверности получаемых результатов необходимо использование современных количественных биофизических методов исследования цитологических препаратов.

## **БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯХ БЛОКАДЫ ОПИОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ**

---

Известно, что в развитии адаптационных процессов важная роль принадлежит не только стресс-реализующим, но и стресс-лимитирующим системам [10-11]. Однако их роль в механизмах действия ЭМИ КВЧ изучена недостаточно. В литературе имеются сведения об участии системы опиоидных пептидов (ОпП) в анальгетическом действии этого фактора [9, 12-13], однако кроме антиноцицептивной эта система выполняет стресс-лимитирующую функцию, защищает организм от стрессорных повреждений, участвует в координации деятельности различных органов и систем [10-11]. В связи с этим для изучения роли ОпП в механизмах действия ЭМИ КВЧ целесообразно исследование взаимодействия стресс-реализующих и стресс-лимитирующих систем организма в условиях выключения действия опиоидной системы, что может быть достигнуто блокадой опиоидных рецепторов (ОР).

В связи с этим, целью работы явилось выявление роли эндогенных ОпП в механизмах биологического действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ в норме и условиях стресса.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Экспериментальная часть работы выполнена на 180 белых беспородных крысах-самцах массой 180 – 220 граммов, полученных из опытно-экспериментального питомника Института Гигиены и Медицинской Экологии, фирма «Феникс» (г. Киев) в течение 2004 – 2006 годов.

В экспериментальные группы отбирали животных одинакового возраста со средней двигательной активностью и низкой эмоциональностью, определяемых в тесте «открытого поля» [14-15], которые преобладают в популяции. Такой отбор позволил сформировать однородные группы животных, однотипно реагирующих на экспериментальные воздействия.

Предварительно отобранные животные были разделены на восемь групп. К первой группе относились животные, которые в течение девяти суток содержались в обычных условиях вивария и служили биологическим контролем (К). Крысы второй группы ежедневно подвергались воздействию ЭМИ КВЧ на затылочно-воротниковую область (КВЧ). Третью группу составляли крысы, находившиеся в условиях экспериментальной стресс-реакции, которая моделировалась ограничением подвижности (ГК) путем помещения их в специальные пеналы из оргстекла, в которых они находились в течение девяти суток эксперимента по 20 часов в сутки [16]. Крысы четвертой группы находились в условиях комбинированного воздействия ГК и ЭМИ КВЧ (ГК+КВЧ).

Воздействие ЭМИ КВЧ осуществлялось в течение девяти дней с помощью генератора «Луч. КВЧ-071» (регистрационное свидетельство № 783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине;  $\lambda=7,1$  мм; плотность потока мощности  $0,1$  мВт/см<sup>2</sup>) по 30 мин ежедневно.

С целью блокирования рецепторов ОпП применялся налаксон, который является ((-)-17-аллил-4,5(-эпокси-3,14-дигидроксиморфин-6-он) гидрохлорида дигидратом, принадлежит к группе неселективных блокаторов всех субтипов ОР, устраняет центральное и периферическое действие ОпП, включая эндогенные эндорфины, проникает через гематоэнцефалический и плацентарный барьеры. Препарат при внутримышечном введении начинает действовать через 2-3 минуты, продолжительность действия 2,5-3 часа. Средний период полураспада составляет 1,0 – 1,5 часа [17].

Налоксон (Налоксон-М 0,04% раствор по 1 мл в ампулах, разработка ГНЦЛС, г. Харьков и ХГФП «Здоров'я народу») в дозе 0,4 мг/кг дополнительно с описанными экспериментальными воздействиями вводился крысам пятой (К+Н), шестой (ГК+Н), седьмой (КВЧ+Н) и восьмой (ГК+КВЧ+Н) групп внутримышечно (наружная поверхность бедра) в течение девяти дней эксперимента в одно и то же время с 8.00 до 10.00 часов за 30 минут до КВЧ-воздействия.

Забор крови для цитохимических исследований осуществлялся в первые, пятые и девятые сутки эксперимента; для микроспектрального люминесцентного анализа – в первые, третьи, пятые, седьмые и девятые сутки наблюдения путем пункции хвостовой вены.

В мазках крови цитохимическими методами проводилось исследование средних активностей СДГ и  $\alpha$ -ГФДГ в лимфоцитах (грн/лим) и нейтрофилах (грн/нейт) методом Р.П. Нарциссова [18]; цитохимического показателя содержания (ЦПС, усл.ед.) ПО в нейтрофилах по J. Gracham; ЦПС КБ в нейтрофилах по М.Г. Шубичу; ЦПС КФ в нейтрофилах по Н. Goldberg и J. Barka [19]; ЦПС ПР в нейтрофилах [20] в модификации Михайлова А.В. [21]; ЦПС КА [22].

Препараты, окрашенные цитохимическими методами, анализировали с помощью морфометрического метода, что позволило получить точную объективную оценку содержания того или иного включения в клетке за счет вычисления количественного показателя содержания (QIC, усл.ед), который с высокой степенью достоверности коррелирует с ЦПС изученных показателей. Этот показатель зависит не только от площади активной цитоплазмы (Sa, площадь включений, мкм), которая значима для вычисления ЦПС, но и оптической плотности (OD, усл.ед.). При расчете QIC учитываются также размеры самой клетки, что не возможно учесть при других типах исследований.

Люминесцентным микроспектральным методом определяли показатель синтетической активности лимфоцитов (усл.ед.) [23], содержание СТ (усл.ед.) и КА (усл.ед.) в лейкоцитах [24-25].

Функциональное состояние синтетического аппарата клетки описывается безразмерным параметром  $\alpha$ , представляющим собой отношение флуоресценции в красной ( $I_{640}$ ) и зеленой ( $I_{530}$ ) областях спектра лимфоцитов, окрашенных акридиновым оранжевым (АО). Флуоресценция в красной области спектра обусловлена димерами АО, связанными с односпиральными нуклеиновыми кислотами (преимущественно функционально активной рибосомальной РНК в зрелых дифференцированных клетках), в то время как в зеленой – мономерами АО, интеркалированными в двуспиральные нуклеиновые кислоты (преимущественно ДНК):  $\alpha = \frac{I_{640}}{I_{530}} = \frac{k_1 НК_1}{k_2 НК_2} = \frac{K(АРНК)}{ДНК}$ , где АРНК – активная компонента РНК одиночной клетки;  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $K$  – коэффициенты связывания АО с нуклеиновыми кислотами.

Изменение параметра  $\alpha$  при различных функциональных состояниях клетки главным образом связано с окрашиванием односпиральных областей РНК, что показано авторами методики и подтверждено нами с помощью обработки препаратов раствором РНК-азы, которая значительно уменьшала красную флуоресценцию, в то время как зеленая практически не менялась.

## **БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯХ БЛОКАДЫ ОПИОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ**

---

Для изучения влияния на организм неспецифических раздражителей представляет интерес наблюдение за изменением сигнального показателя общих неспецифических адаптационных реакций организма (НАРО) – ЛФ [26]. Интегральными показателями, адекватно характеризующими тип НАРО (реакции активации (спокойной, повышенной), тренировки, стресса) являются процентное содержание лимфоцитов и сегментоядерных нейтрофилов периферической крови, а также их отношение (л/нс). Для подсчета лейкоцитарной формулы (ЛФ) мазки крови окрашивали по Романовскому.

Сыворотку крови для исследования концентрации МТ и цитокинов получали путем декапитации животных на девятый день эксперимента. Концентрацию МТ (пг/мл) определяли в сыворотке крови иммуноферментным методом с помощью анализатора STAT FAX 303 (USA). Концентрацию цитокинов (пг/мл) определяли твердофазным иммуноферментным методом с применением пероксидазы хрена в качестве индикаторного фермента на анализаторе STAT FAX 303 (USA) с помощью стандартных наборов (производство «Протеиновый контур (ProCon)», Санкт-Петербург).

Крысы 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. Эксперименты проводились с соблюдением принципов «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, которые используются для экспериментальных и других научных целей» (Страсбург, 2000), постановления первого национального конгресса по биоэтике (Киев, 2001), закона Украины №3447-IV «Про захист тварин від жорстокого походження» от 21.20.2006.

Все исследования и измерения осуществлялись на оборудовании, прошедшем метрологическую поверку и экспертизу.

Анализ вида распределения признаков проводили по критерию Шапиро-Уилка [27]. Как показали результаты анализа, данные, полученные в ходе экспериментальных исследований, подчиняются закону нормального распределения. Статистическая обработка материала проводилась путем вычисления среднего значения исследуемых величин ( $M$ ), среднего квадратического отклонения ( $\delta$ ), ошибки среднего арифметического ( $m$ ). Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью  $t$ -критерия Стьюдента для независимых выборок.

Для изучения внутри- и межсистемных взаимоотношений изученных показателей использовали корреляционный анализ по Пирсону и кластерный анализ по методу средней связи, который является адекватным инструментом оценки многокомпонентных реакций организма, позволяет находить скрытые связи как внутри функциональных систем, так и между ними [28-29].

Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excell [30], программного пакета «STATISTICA – 6.0» [27], «Origin Pro 7» [31].

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

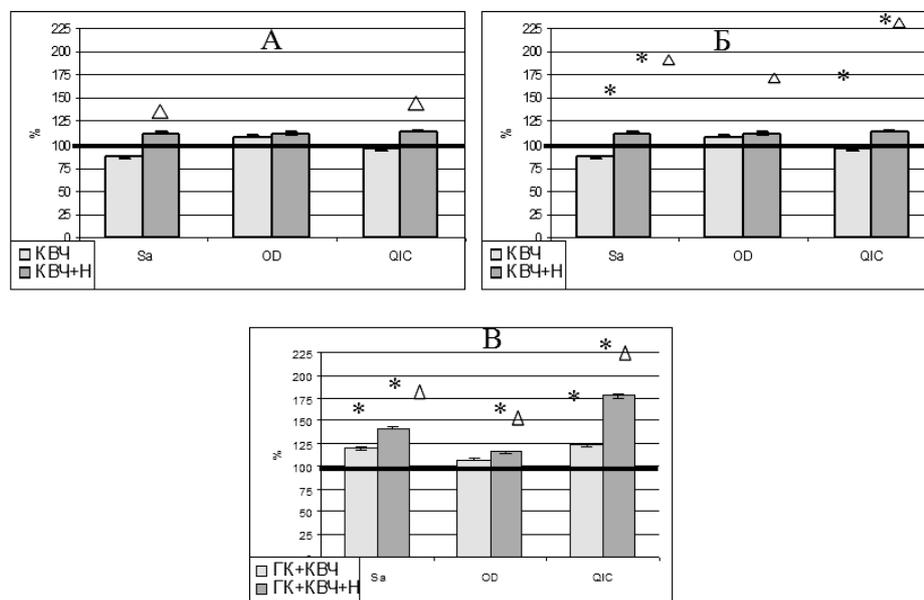
Анализ изменений изученных показателей у интактных животных после введения антагониста ОР налоксона показал, что они достоверно не отличались от значений, зарегистрированных у животных в контрольной группе. По-видимому, это связано с тем, что высвобождение ОпП происходит не «тонически», а лишь при отклонении гомеостаза от нормы. Вместе с тем, результаты проведенных исследований указывают на вовлеченность эндогенных ОпП в реализацию эффектов, вызываемых ЭМИ КВЧ.

Под влиянием экспериментальных воздействий произошло изменение активности САС, которая играет существенную роль в формировании ответа организма на действие раздражителей различной природы и интенсивности [11].

При воздействии ЭМИ КВЧ на интактных животных наблюдалась тенденция к снижению QIC КА в эритроцитах ( $p > 0,05$ ) и уменьшение содержания КА на 41% ( $p < 0,001$ ) в лейкоцитах периферической крови крыс относительно значений этих показателей у животных контрольной группы (рис. 1-А, 2-А).

Известно, что КА, высвобождаемые в кровоток, могут захватываться и аккумулироваться в неизменном виде различными клетками и тканями организма, в частности, клетками миокарда, селезенки, головного мозга, радужной оболочки глаза, печени, скелетных мышц, форменными элементами крови [32].

В наших и других исследованиях показаны высокие положительные корреляции между содержанием КА в лейкоцитах и эритроцитах ( $r = +0,77$ ,  $p < 0,001$ ), весовым коэффициентом надпочечников и ЦПС КА в эритроцитах ( $r = +0,88$ ;  $p < 0,05$ ) [8], ЦПС и QIC КА в эритроцитах с показателями их формы (КДК, КИГ), между содержанием КА в плазме крови и в эритроцитах ( $r = +0,95$ ;  $p < 0,05$ ) [34], уровнем КА в мезентериальных лимфоузлах, в тимусе и в плазме крови, динамикой адреналина и норадреналина в селезенке и крови крыс ( $r = +0,67$ ;  $p < 0,05$ ) [35]. Эти взаимосвязи позволяют считать, что изменения содержания КА в эритроцитах и лейкоцитах, определенные цитохимическим, морфометрическим и микроспектральным флуоресцентным методами, свидетельствуют об изменении активности САС в целом.



**Рис. 1.** Значения площади активной цитоплазмы (Sa), оптической плотности (OD) и количественного показателя содержания (QIC) катехоламинов в эритроцитах, при воздействии ЭМИ КВЧ (КВЧ), гипокинезии (ГК), их комбинации (ГК+КВЧ) и введении налоксона на девятые сутки наблюдения (в % относительно значений контрольной группы).

Примечание. \* - достоверность различий по критерию Стьюдента относительно значений изученных показателей в контрольной группе крыс; Δ - достоверность различий относительно значений у животных той же экспериментальной группы, но без введения налоксона.

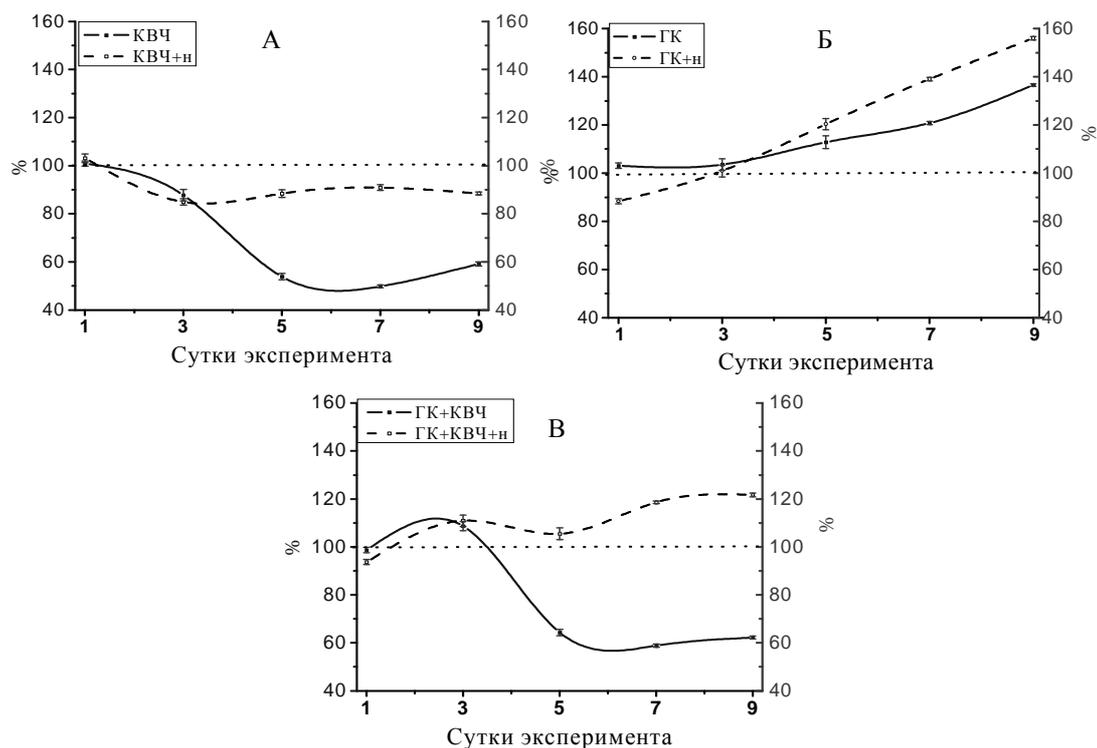
## БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯХ БЛОКАДЫ ОПИОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ

Следовательно активность САС при многократном КВЧ-воздействии снизилась.

Под влиянием вводимого налоксона у животных, подвергнутых ежедневному КВЧ-воздействию, наблюдалась тенденция к увеличению ЦПС и QIC КА в эритроцитах ( $p > 0,05$ ) и значимое увеличение содержания КА в лейкоцитах на 50% ( $p < 0,05$ ) относительно значений этого показателя у крыс третьей группы (КВЧ) (рис. 1-А, 2-А). При этом содержание КА в эритроцитах и лейкоцитах приближалось к значениям соответствующих показателей у интактных животных.

При ограничении двигательной активности крыс обнаружено прогрессирующее возрастание содержания КА в эритроцитах и лейкоцитах крови, особенно выраженное на девятые сутки ГК: QIC КА на 49% ( $p < 0,001$ ), содержание КА в лейкоцитах на 37% ( $p < 0,001$ ) относительно значений в контрольной группе крыс (рис. 1-Б, 2-Б), что указывает на увеличение активности САС. Известно, что в основе изменений функционирования организма при стрессе лежит активация стресс-реализующих систем и, в том числе, САС [36], при этом увеличивается продукция КА, которые играют роль пускового фактора в развитии стресса [37-38].

Систематическое введение налоксона животным, подвергнутым ГК стрессу, привело к еще более значительному повышению QIC КА в этой группе крыс на 48% ( $p < 0,05$ ), а содержания КА в лейкоцитах на 14% ( $p < 0,05$ ) относительно значений у животных, которым налоксон не вводился.



**Рис. 2.** Динамика содержания катехоламинов в лейкоцитах периферической крови при различных экспериментальных воздействиях.

**Примечание:** Обозначения как на рис. 1.

Следовательно, в условиях блокады ОР у крыс, подвергнутых ГК стрессу, произошла гиперактивация САС.

Воздействие ЭМИ КВЧ на животных, находящихся в условиях ГК, привело к нормализации активности САС, о чем свидетельствует снижение QIC КА в эритроцитах на 17% ( $p < 0,05$ ), содержания КА в лейкоцитах на 54% ( $p < 0,001$ ) относительно значений этих показателей у крыс, которые также находились в условиях ГК, но дополнительно не подвергались КВЧ-воздействию. Таким образом, воздействие ЭМИ КВЧ ограничивает развитие стресс-реакции при ГК за счет предупреждения вызываемого стрессом увеличения функциональной активности САС.

Введение налоксона животным, подвергнутым комбинированному действию ЭМИ КВЧ и ГК, привело к увеличению QIC КА в эритроцитах на 44% ( $p < 0,05$ ), содержания КА в лейкоцитах на 97% ( $p < 0,01$ ) относительно значений этого показателя у животных четвертой группы (ГК+КВЧ). При этом значения изученных показателей достоверно не отличались от таковых у животных третьей группы, находившихся в условиях ГК стресса.

Таким образом, обнаружено, что снижение активности САС, происходящее у крыс под действием мм излучения низкой интенсивности, блокировалось предварительным введением налоксона, что подтверждает связь между ОпП и САС. Известно, что выделяющиеся при стрессе КА стимулируют клетки, содержащие ОпП, которые в свою очередь ограничивают активность САС за счет уменьшения выработки КА надпочечниками и угнетения через ОР процесса высвобождения норадреналина из симпатических терминалей [39].

Эти данные свидетельствуют о том, что одним из механизмов антистрессорного действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ может быть увеличение функциональной активности стресс-лимитирующей системы ОпП, что приводит к ограничению активации стресс-реализующей САС, а, следовательно, и развития стресс-реакции.

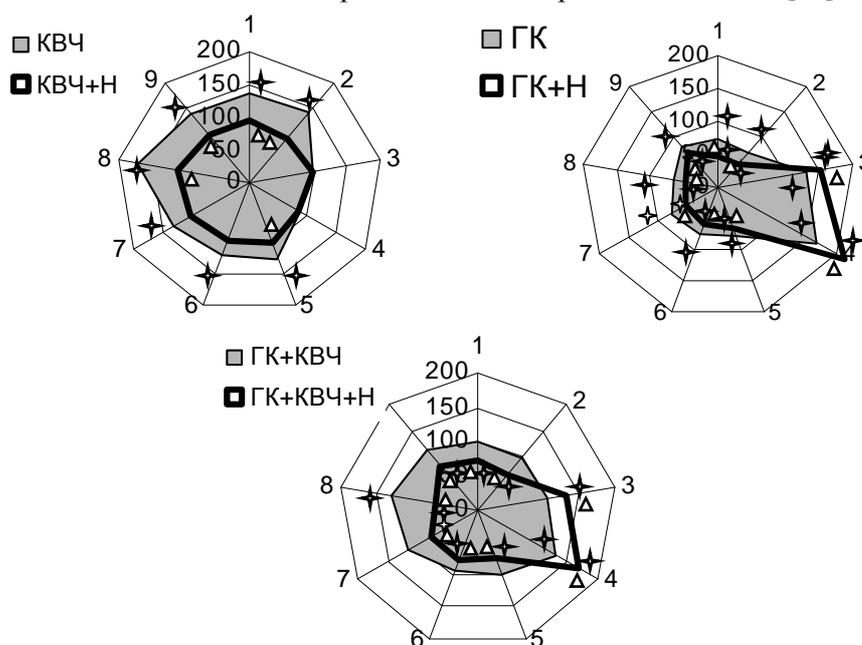
Изолированное действие ЭМИ КВЧ на животных способствовало повышению неспецифической резистентности организма, доказательством чего явилось увеличение количественных показателей бактерицидных (ПО, КБ) на 36–40% ( $p < 0,001$ ), энергетических (СДГ и  $\alpha$ -ГФДГ) на 23–35% ( $p < 0,001$ ) систем в нейтрофилах и энергетических (СДГ и  $\alpha$ -ГФДГ) систем в лимфоцитах на 18–40% ( $p < 0,05$ ) относительно значений этих показателей у крыс контрольной группы (рис. 3).

Кроме того, настоящим исследованием выявлено увеличение показателя синтетической активности лимфоцитов  $\alpha$  на 36% ( $p < 0,001$ ) (рис. 4) относительно значений этого показателя в контрольной группе животных, что свидетельствует о повышении функциональной активности лимфоцитов, а, следовательно, иммунной системы в целом. Учитывая исключительно важную роль иммунной системы в обеспечении устойчивости организма к факторам разной природы и интенсивности, и связь показателя  $\alpha$  с НАРО ( $r = +0,77$ ;  $p < 0,05$ ) (рис. 4), исследование изменения синтетической активности лимфоцитов, главных клеток иммунной системы, является перспективным в качестве способа определения эффективности применения КВЧ-воздействия.

Таким образом, ЭМИ КВЧ модифицирует функциональное состояние клеток крови, увеличивает функциональный потенциал лейкоцитов, а, следовательно, вызывает эффект прайминга (*priming*, Р-эффект), то есть подготовку клеток к последующему действию

### БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯХ БЛОКАДЫ ОПИОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ

активирующего агента. При этом увеличивается их секреторная и фагоцитарная активность, бактерицидность, способность влиять на функциональную активность других клеточных элементов соединительной ткани, что приводит к увеличению уровня физиологической защиты и резистентности организма в целом [40].



**Рис. 3.** Количественные показатели содержания катионных белков (1), пероксидазы (2), кислой фосфатазы (3), протеазы (4), средней активности сукценатдегидрогеназы в нейтрофилах (5) и лимфоцитах (6), α-глицерофосфатдегидрогеназы в нейтрофилах (7) и лимфоцитах (8) крови крыс и показателя синтетической активности лимфоцитов (9) при различных экспериментальных воздействиях.

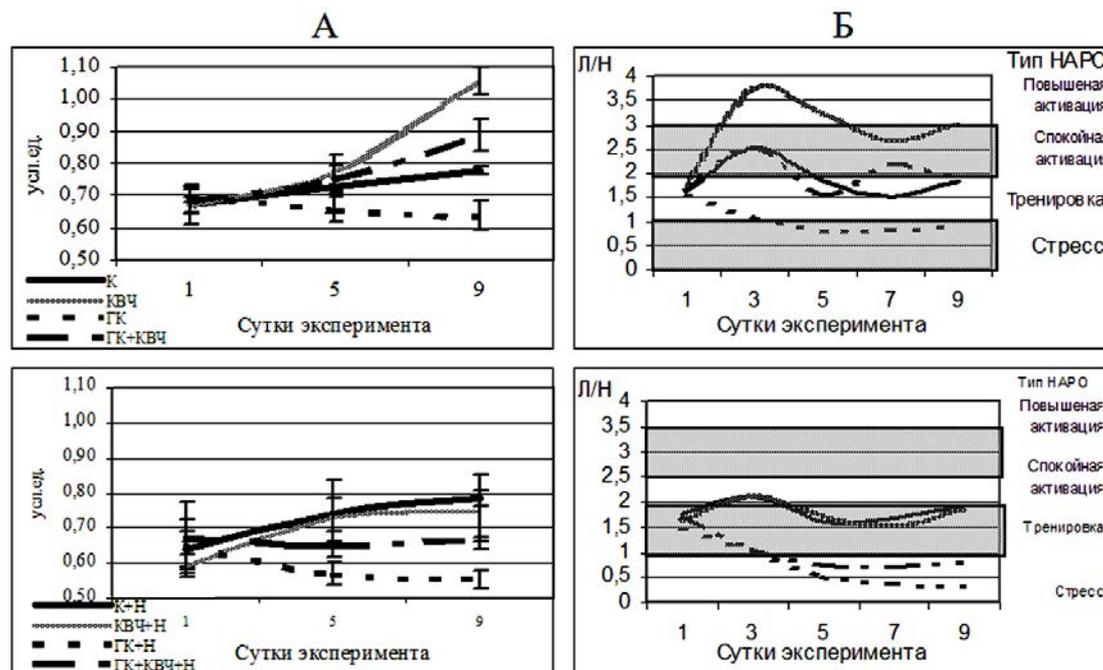
**Примечание:** Обозначения как на рис. 1.

Однако систематическое введение налоксона крысам, подвергнутым действию ЭМИ KVCh, нивелировало изменения, зарегистрированные под действием этого физического фактора. Это привело к тому, что у животных шестой группы (KVCh+N) достоверных отличий от значений изученных показателей в контрольной группе животных зарегистрировано не было ( $p > 0,05$ ) (рис. 3, 4-А). При этом развивалась НАРО тренировки, характерная для интактных крыс (рис. 4-Б).

Таким образом, эффекта прайминга под влиянием KVCh-воздействия в условиях блокады ОР не наблюдалось.

При ограничении двигательной активности крыс обнаружено прогрессирующее снижение активности бактерицидных систем нейтрофилов (на 26-29%,  $p < 0,05$ ) на фоне значительного увеличения активности гидролитических ферментов (на 32-67%,  $p < 0,05$ ), что является неблагоприятным признаком и расценивается как угнетение естественных защитных сил клетки и организма в целом [41]. Под влиянием ограничения подвижности

произошло также значительное снижение активности энергетических систем лейкоцитов (рис. 3), синтетической активности лимфоцитов (на 17%,  $p < 0,01$ ) относительно значений этих показателей в контрольной группе крыс и развитие НАРО стресса (рис. 4-Б).



**Рис. 4.** Динамика показателя синтетической активности лимфоцитов (А) и отношения количества лимфоцитов к сегментоядерным нейтрофилам (л/н) (Б) при различных экспериментальных воздействиях.

Примечание. Обозначения как на рис. 1.

Полученные данные свидетельствуют о снижении функциональной активности нейтрофилов и лимфоцитов крови, происходящих в результате развития стресс-реакции.

Дополнительное введение налоксона животным, подвергнутым ГК стрессу, привело к еще более значительным повышению QIC КФ и ПР (на 17-29%,  $p < 0,05$ ) на фоне снижения QIC КБ и ПО (на 34-35%,  $p < 0,05$ ), QIC СДГ в (на 21-22%,  $p < 0,05$ ), QIC  $\alpha$ -ГФДГ в нейтрофилах и лимфоцитах (на 21-28%,  $p < 0,001$ ), показателя  $\alpha$  (на 22%,  $p < 0,05$ ) относительно значений этих показателей у гипокинезированных животных, которым налоксон не вводился. Изменения изученных показателей, а также ЛФ крови свидетельствуют о развитии у животных этой группы еще более выраженной НАРО стресса (рис. 3, 4).

Динамика показателей функционального состояния нейтрофилов и лимфоцитов у животных, подвергавшихся комбинированному действию ГК и ЭМИ KBЧ, четко отличалась от таковой у животных с ограниченной подвижностью, а изменения неспецифической резистентности у животных этой группы заключались в нормализации всех изученных показателей (рис. 3). Кроме того, необходимо отметить, что

## **БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯХ БЛОКАДЫ ОПИОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ**

---

комбинированное действие ЭМИ КВЧ и ГК вызвало однонаправленные изменения активности энергетических, бактерицидных и гидролитических систем в нейтрофилах, что приводит к повышению функциональных возможностей лимфоцитов и нейтрофилов крови, развитию НАРО, отличной от стресса – реакции тренировки (рис. 4-Б), при которой имеет место стимуляция активности иммунной системы [42], о чем дополнительно свидетельствует значительное повышение показателя синтетической активности лимфоцитов  $\alpha$  на 32% ( $p < 0,05$ ) относительно значений у стрессированных животных, которые не подвергались дополнительному КВЧ-воздействию (рис. 4-А).

Таким образом, действие ЭМИ КВЧ на животных, находившихся в условиях ГК стресса, способствует повышению неспецифической резистентности и обладает антистрессорным действием.

Введение налоксона животным восьмой группы (ГК+КВЧ+Н), подвергнутым комбинированному действию ЭМИ КВЧ и ГК, привело к увеличению содержания гидролитических ферментов (на 26-29%,  $p < 0,02$ ), снижению активности бактерицидных систем (на 26-31%,  $p < 0,05$ ), энергетических процессов в нейтрофилах и лимфоцитах (на 17-53%,  $p < 0,05$ ) и величины показателя  $\alpha$  (на 24%,  $p < 0,05$ ) относительно значений, зарегистрированных у животных четвертой группы (ГК+КВЧ). При этом изученные показатели достоверно не отличались от значений у животных, находившихся в условиях изолированного воздействия ГК стресса, о чем свидетельствует также развитие у крыс этой группы НАРО стресса (рис. 3, 4).

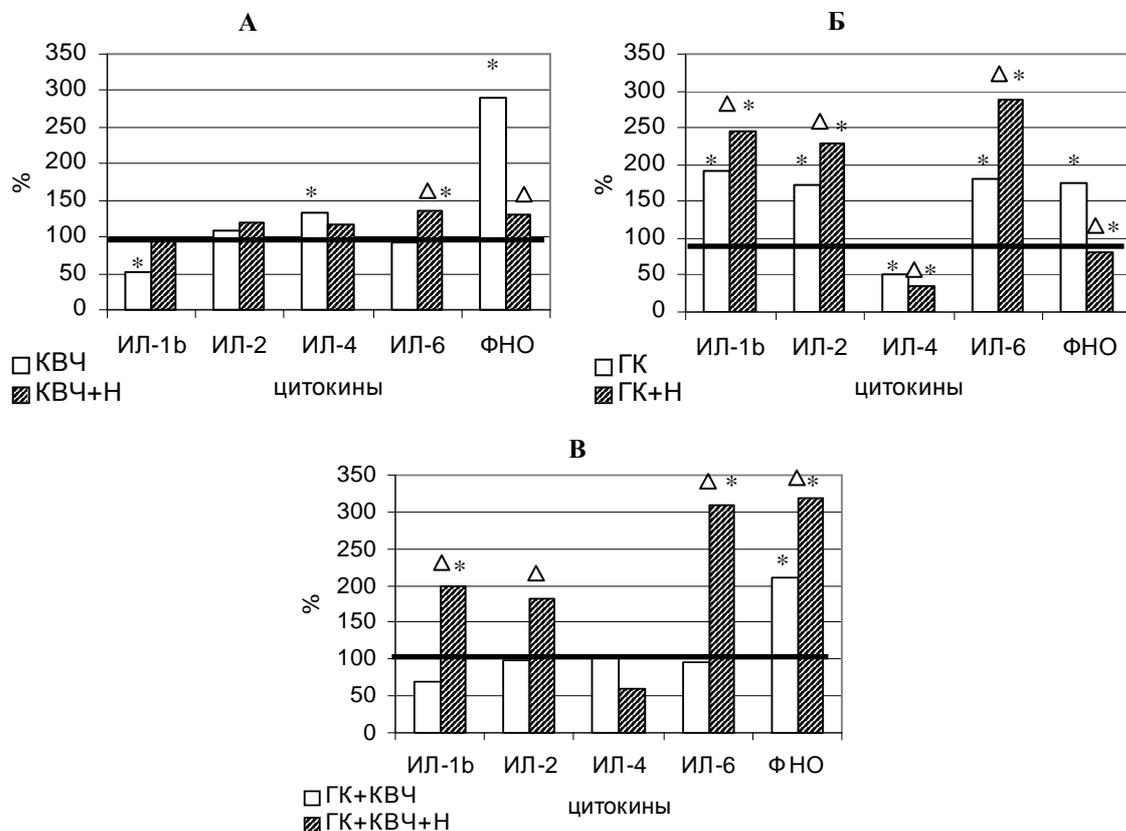
Таким образом, низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ приводит к увеличению функциональной активности лимфоцитов и нейтрофилов крови, что блокируется предварительным введением налоксона.

Изолированное воздействие на животных ЭМИ КВЧ привело к снижению концентрации провоспалительного ИЛ-1 $\beta$  (на 47%,  $p < 0,02$ ), увеличению концентраций противовоспалительного ИЛ-4 (на 32%,  $p < 0,001$ ) и ФНО- $\alpha$  (на 92%,  $p < 0,001$ ) относительно значений у животных контрольной группы (рис. 5-А).

Следовательно, воздействие ЭМИ КВЧ, оказывая праймирующее действие, приводит к увеличению функционального потенциала иммунокомпетентных клеток и стимулирует интенсивность освобождения в кровотоке цитокинов, что способствует повышению иммунологической реактивности организма.

Систематическое введение налоксона крысам, подвергнутым действию ЭМИ КВЧ, привело к увеличению концентрации провоспалительного цитокина ИЛ-6 (на 47%,  $p < 0,001$ ) и снижению ФНО- $\alpha$  (на 55%,  $p < 0,01$ ) относительно значений во второй группе крыс (КВЧ) (рис. 5-А), что наблюдается при развитии стресс-реакции [43-44].

При ограничении двигательной активности крыс обнаружено значительное увеличение концентрации провоспалительных цитокинов ИЛ-1 $\beta$  (на 91%,  $p < 0,001$ ), ИЛ-2 (на 73%,  $p < 0,001$ ), ИЛ-6 (на 79%,  $p < 0,001$ ) и ФНО- $\alpha$  (на 75%,  $p < 0,001$ ) и снижение концентрации противовоспалительного ИЛ-4 (на 49%,  $p < 0,001$ ) относительно значений соответствующих показателей у животных контрольной группы, что согласуется с литературными данными, в которых показано, что повышение продукции ИЛ-1 $\beta$ , ИЛ-2, ИЛ-6 может наблюдаться без антигенной стимуляции под влиянием различных стресс-факторов [45].



**Рис. 5.** Концентрации ИЛ-1 $\beta$ , ИЛ-2, ИЛ-4, ИЛ-6, ФНО- $\alpha$  в сыворотке крови крыс при различных экспериментальных воздействиях.

**Примечание.** Обозначения как на рис. 1.

Кроме того, при ГК стрессе обнаружено разнонаправленное изменение изученных про- и противовоспалительных цитокинов, что является следствием развития патологических состояний [45].

Блокада рецепторов ОпП у животных, подвергнутых экспериментальной стресс-реакции, привела к еще более выраженному повышению концентраций провоспалительных цитокинов: ИЛ-1 $\beta$  (на 28%,  $p < 0,001$ ), ИЛ-6 (на 61%,  $p < 0,001$ ), ИЛ-2 (на 32%,  $p < 0,02$ ) и снижению концентраций противовоспалительного ИЛ-4 (на 30%,  $p < 0,05$ ) и ФНО- $\alpha$  (на 54%,  $p < 0,001$ ) относительно значений в группе животных, также подвергнутых ГК стрессу, но без введения налоксона (рис. 5-Б).

Под влиянием комбинированного действия ГК и ЭМИ КВЧ зарегистрированы увеличение концентраций ФНО- $\alpha$  (на 20%,  $p < 0,01$ ), противовоспалительного ИЛ-4 (на 102%,  $p < 0,001$ ) и снижение концентраций провоспалительных ИЛ-1 $\beta$ , ИЛ-2 и ИЛ-6 на 63% ( $p < 0,001$ ), 43% ( $p < 0,001$ ) и 46% ( $p < 0,001$ ) соответственно относительно значений этих показателей у животных, подвергнутых изолированному действию ГК. При этом значения изученных показателей достоверно не отличались от результатов, полученных у животных контрольной группы (рис. 5-Б).

## БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯХ БЛОКАДЫ ОПИОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ

Таким образом, ЭМИ КВЧ ограничивает развитие стресс-реакции за счет изменения концентрации циркулирующих цитокинов, что служит доказательством стресс-протективной и иммуномодулирующей функции ЭМИ этого диапазона.

Введение налоксона животным восьмой группы (ГК+КВЧ+Н) привело к достоверному возрастанию концентраций всех провоспалительных цитокинов (ИЛ-1 $\beta$  на 99% ( $p < 0,05$ ), ИЛ-2 на 81% ( $p < 0,05$ ), ИЛ-6 на 209% ( $p < 0,001$ ) и ФНО- $\alpha$  на 220% ( $p < 0,01$ )) относительно значений у крыс четвертой группы (ГК+КВЧ). При этом не наблюдалось достоверных отличий концентраций изученных цитокинов от их значений в группе животных, находившихся в условиях изолированной ГК.

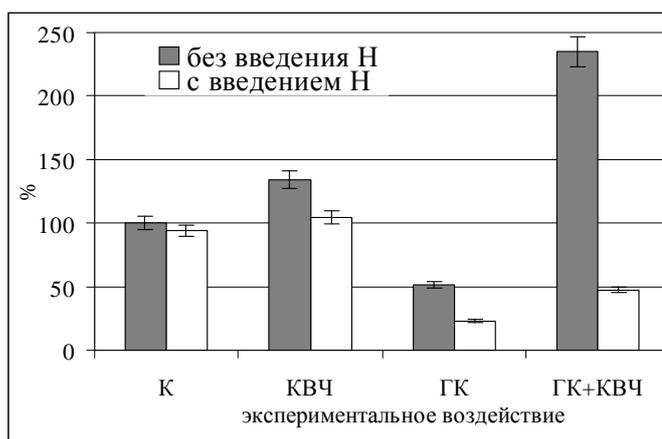
Следовательно, введение налоксона животным нивелировало действие ЭМИ КВЧ на изменение концентрации в сыворотке крови ключевых цитокинов, которые наделены полифункциональными свойствами, обладают широким спектром иммунологической и неиммунологической активности, включая влияние на метаболические, гемопозитические и другие реакции организма в условиях нормы и патологии.

Изменение неспецифической резистентности и иммунологической реактивности под влиянием ЭМИ КВЧ в условиях блокады ОР, по-видимому, можно объяснить тем, что на плазматической мембране иммунокомпетентных клеток, в том числе, лимфоцитов и нейтрофилов имеются ОР [46], что указывает на возможность прямого влияния ОпП на функциональную активность этих клеток.

Таким образом, стимуляция опиоидной системы под влиянием ЭМИ КВЧ может выполнять иммунорегуляторную функцию.

Под влиянием изученных факторов произошло изменение содержания в периферической крови гормонов и медиаторов других стресс-лимитирующих систем организма, в частности, содержания СТ и МТ в крови.

После девятикратного воздействия ЭМИ КВЧ на интактных животных произошло увеличение концентрации МТ в сыворотке крови на 34% ( $p < 0,05$ ) относительно значений у крыс контрольной группы, что согласуется с данными, полученными Е.Н. Чуян [8] (рис. 6).



**Рис. 6.** Концентрация мелатонина в сыворотке крови при различных экспериментальных воздействиях.

**Примечание.** Обозначения как на рис.1.

Систематическое введение налоксона крысам, подвергнутым изолированному действию ЭМИ КВЧ, нивелировало повышение концентрации МТ, зарегистрированное под действием этого физического фактора. Таким образом, стимулирующего эффекта ЭМИ КВЧ в отношении увеличения концентрации МТ в условиях блокады ОР не наблюдалось.

Под влиянием девятисуточного ограничения подвижности у животных третьей группы произошло снижение содержания МТ в сыворотке крови на 49% ( $p < 0,01$ ) относительно значений в контрольной группе ( $p < 0,01$ ).

Ежедневное введение налоксона животным, подвергнутым ГК стрессу, привело к еще более значительному понижению концентрации МТ на 45% относительно значений в третьей группе крыс (ГК). Следовательно, блокада ОР привела к более выраженным негативным изменениям концентрации МТ в крови при ГК стрессе.

При воздействии ЭМИ КВЧ на гипокинезированных животных концентрация МТ в сыворотке крови увеличилась на 231% ( $p < 0,01$ ) относительно значений в группе крыс, также подвергавшихся КВЧ-воздействию, но находившихся в условиях обычного двигательного режима и на 357% ( $p < 0,001$ ) относительно значения этого показателя у гипокинезированных животных, которые дополнительно не подвергались КВЧ-воздействию. По-видимому, это связано с тем, что адаптивная роль МТ в большей степени проявляется при иммунодепрессиях и других изменениях в организме, вызванных стрессом, чем в условиях физиологической нормы. Именно поэтому МТ в настоящее время рассматривается как основной элемент стресс-лимитирующей системы [47-48].

Введение налоксона животным, подвергнутым комбинированному действию ЭМИ КВЧ и ГК, привело к снижению содержания МТ в крови крыс на 53% ( $p < 0,05$ ) относительно значений этого показателя у животных четвертой группы (ГК+КВЧ). При этом концентрация МТ в сыворотке крови достоверно не отличалась от значений данного показателя у животных, находившихся в условиях изолированного действия ГК стресса.

Таким образом, блокада ОР нивелировала действие ЭМИ КВЧ на увеличение концентрации МТ в сыворотке крови, как при изолированном, так и при комбинированном с ГК действии, что, свидетельствует о влиянии ОпП на изменение содержания МТ в периферической крови под влиянием КВЧ-воздействия. На связь ОпП с МТ указывают и литературные данные. В частности, на пинеалоцитах обнаружены рецепторы к ОпП [12], в передней доле гипофиза и других местах синтеза  $\beta$ -эндорфинов, обнаружены рецепторы к МТ [49], что предполагает прямое действие ОпП на синтез МТ и наоборот.

Под влиянием ЭМИ КВЧ на третьи сутки наблюдения произошло повышение содержания СТ в лейкоцитах на 26% ( $p < 0,05$ ), а к девятым суткам эксперимента – на 22% ( $p < 0,05$ ) относительно значений в контрольной группе крыс (рис. 7-А).

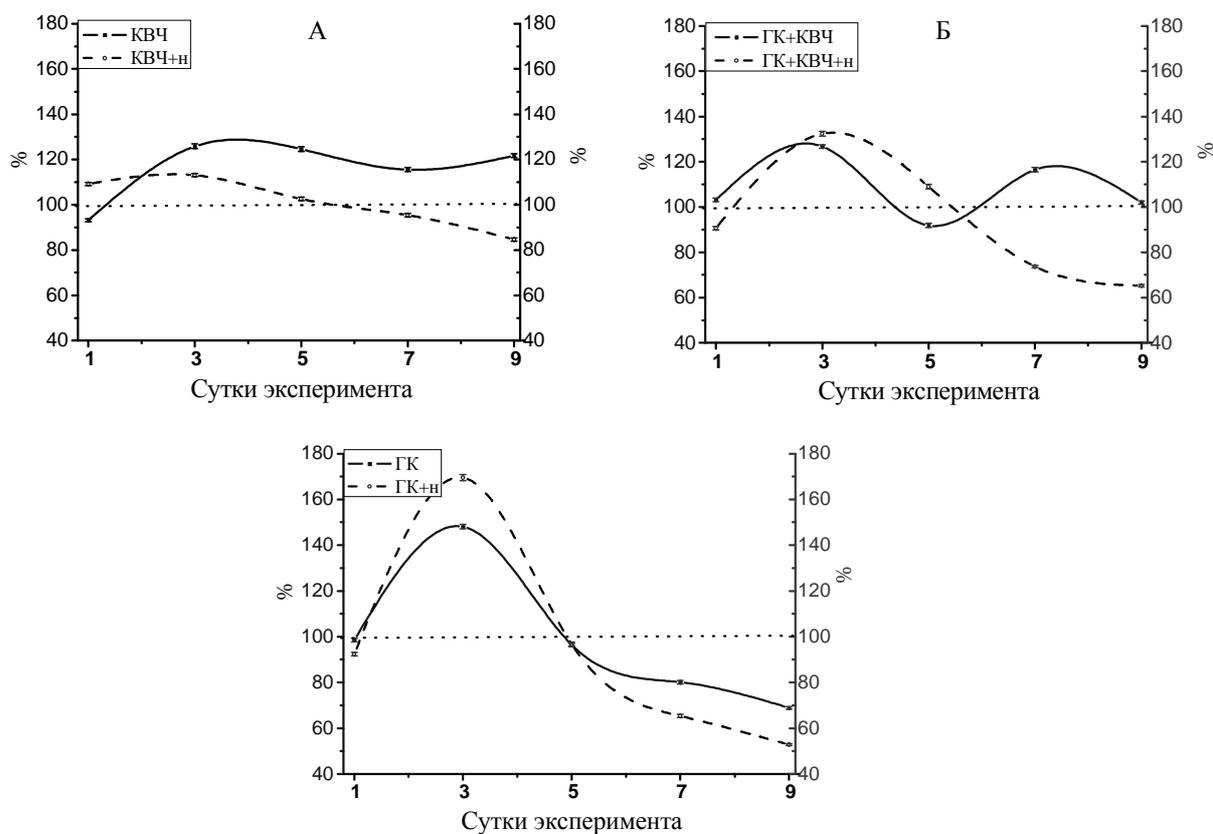
Таким образом, воздействие ЭМИ КВЧ привело к возрастанию содержания СТ, являющегося медиатором важнейшей стресс-лимитирующей системы организма.

При систематическом введении налоксона стимулирующего эффекта ЭМИ КВЧ в отношении увеличения содержания СТ в лейкоцитах крови в условиях блокады ОР не наблюдалось (рис. 7-А).

## БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯХ БЛОКАДЫ ОПИОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ

Динамика содержания СТ в лейкоцитах в течение девятисуточной ГК имела определенные особенности. Так, произошло резкое повышение содержания СТ в лейкоцитах на третьи сутки наблюдения (на 48%,  $p < 0,01$ ) с последующим снижением его. Минимальное значение содержания СТ зарегистрировано на девятые сутки ГК стресса и составило 69% ( $p < 0,01$ ) от значений контрольной группы (рис. 7-В).

Блокада ОР привела к более выраженному снижению содержания СТ в крови при ГК стрессе (рис. 7-Б).



**Рис. 7.** Динамика содержания серотонина в лейкоцитах периферической крови при различных экспериментальных воздействиях.

**Примечание.** Обозначения как на рис. 1.

При систематическом воздействии ЭМИ КВЧ на животных с ограниченной подвижностью характер и направленность изменений содержания СТ были отличны от группы животных, находившихся в условиях ГК. Так, на третьи сутки эксперимента также наблюдалось повышение уровня СТ, но менее выраженное, оно составило 86% от значений в третьей группе крыс (ГК) ( $p < 0,01$ ). На седьмые и девятые сутки одновременного с ГК воздействия ЭМИ КВЧ содержание СТ было достоверно выше, чем в группе крыс, подвергнутых изолированной ГК на 36% и 33% соответственно ( $p < 0,05$ ).

В группе животных, находившихся в условиях комбинированного действия ЭМИ КВЧ и ГК на фоне блокады ОР достоверных отличий от значений у крыс, подвергнутых действию изолированной ГК, не зафиксировано (рис. 7-В).

Следовательно, на основании полученных данных можно сделать заключение о влиянии системы ОпП на увеличение содержания СТ в лейкоцитах периферической крови под влиянием ЭМИ КВЧ, что согласуется с литературными данными, свидетельствующими о модулирующем действии этих пептидов на секрецию, метаболизм и эффекты СТ [50].

Таким образом, полученные данные указывают на вовлеченность системы ОпП в реализацию эффектов, вызываемых ЭМИ КВЧ как в норме, так и в условиях стресса и свидетельствуют о том, что одним из механизмов биологического действия ЭМИ мм диапазона является увеличение функциональной активности системы ОпП. Активация опиоидной стресс-лимитирующей системы организма с помощью низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ является средством успешной профилактики и коррекции развития стресс-реакции, что осуществляется, во-первых, за счет ограничения активности САС путем угнетения процессов выделения и рецепции КА, во-вторых, увеличения неспецифической резистентности и иммунологической реактивности, в-третьих, путем стимуляции образования и выделения СТ и МТ, то есть за счет потенцирования активации других стресс-лимитирующих систем организма.

#### **ВЫВОДЫ**

1. Одним из механизмов биологического действия низкоинтенсивного излучения миллиметрового диапазона (длина волны 7,1 мм, плотность потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) является увеличение функциональной активности системы опиоидных пептидов, что является средством успешной профилактики и коррекции развития стресс-реакции и осуществляется, во-первых, за счет ограничения активности симпатoadреналовой системы путем угнетения процессов выделения и рецепции катехоламинов, во-вторых, увеличения неспецифической резистентности и иммунологической реактивности, в-третьих, путем стимуляции образования и выделения серотонина и мелатонина, то есть потенцирования активации других стресс-лимитирующих систем организма.

2. Применение автоматизированного морфометрического анализа препаратов крови позволяет получить количественную оценку цитохимических реакций (оптическую плотность, площадь активной цитоплазмы (площадь включений), количественный показатель ферментативной активности) и значительно повысить эффективность использования цитохимических методов.

3. Выявленное люминесцентным, морфометрическим и цитохимическим методами снижение активности симпатoadреналовой системы, происходящее у крыс под влиянием изолированного и комбинированного с гипокинезией миллиметрового излучения низкой интенсивности, блокировалось предварительным введением антагониста опиоидных рецепторов налоксона.

4. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ приводит к увеличению функциональной активности лимфоцитов и нейтрофилов крови, а, следовательно, неспецифической резистентности организма, что нивелируется предварительным введением блокатора опиоидных рецепторов.

## **БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯХ БЛОКАДЫ ОPIOИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ**

5. Показатель синтетической активности лимфоцитов  $\alpha$  связан с неспецифическими адаптационными реакциями организма ( $r=+0,77$ ;  $p<0,05$ ) и может рассматриваться в качестве способа определения биологической эффективности низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ.

6. Блокада рецепторов опиоидных пептидов нивелировала действие ЭМИ КВЧ на изменение концентрации цитокинов в сыворотке крови крыс, как при его изолированном, так и комбинированном с гипокинезией действию, следовательно, стимуляция опиоидной системы под влиянием ЭМИ КВЧ выполняет иммунорегуляторную функцию.

7. Блокада опиоидных рецепторов нивелировала действие ЭМИ КВЧ на увеличение концентрации мелатонина в сыворотке крови, как при его изолированном, так и комбинированном с гипокинезией действию, что, свидетельствует о влиянии опиоидных пептидов на изменение содержания мелатонина в периферической крови под влиянием миллиметрового излучения.

8. Блокада опиоидных рецепторов нивелировала действие ЭМИ КВЧ на увеличение содержания серотонина в лейкоцитах крови, как при его изолированном, так и комбинированном с гипокинезией действию, что, свидетельствует о влиянии опиоидных пептидов на изменение содержания серотонина в периферической крови под влиянием миллиметрового излучения.

### **Список литературы**

1. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О. В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. – М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.
2. Гапеев А.Б., Чемерис Н.К. Действие непрерывного и модулированного ЭМИ КВЧ на клетки животных. Обзор Часть I. Особенности и основные гипотезы о механизмах биологического действия ЭМИ КВЧ // Вестник новых медицинских технологий. – 1999. – Т. 6, № 1. – С. 15-22.
3. Бецкий О.В., Лебедева Н.Н., Котровская Т.И. Стохастический резонанс и проблема воздействия слабых сигналов на биологические системы // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2002. – № 3 (27). – С. 3-11.
4. Киричук В.Ф., Иванов А.Н., Антипова О.Н. Влияние КВЧ-облучения на частоте молекулярного спектра поглощения и излучения оксида азота на реологические свойства белых крыс, находящихся в состоянии стресса // Сб. докл. 13-го Российского симпозиума с межд. участием «Миллиметровые волны в медицине и биологии». – М.: МТА КВЧ, 2003. – С. 94-96.
5. Ситько С.П., Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф. Аппаратурное обеспечение современных технологий квантовой медицины / Под ред. С.П. Ситько. – К.: ФАДА, ЛТД, 1999. – 199 с.
6. Repacholi M.H. Low-level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs // Bioelectromagnetics. – 1998. – № 1. – P. 1-19.
7. Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ / Чуян Е.Н., Темуриянц Н.А., Московчук О.Б. и др. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2003. – 448 с.
8. Чуян Е.Н. Нейроімуноендокринні механізми адаптації до дії низько інтенсивного електромагнітного випромінювання надто високої частоти // Автореф. дис... докт. біол. наук. – Київ, 2004. – 40 с.
9. Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения. Симферополь: Диайпи, 2006. – 458.
10. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г., Кузнецова Б.А. Развитие адаптации к стрессу в результате курса транскраниальной электростимуляции // Бюл. экспер. биол. и мед. – 1994. – № 1. – С. 16-18.
11. Пшенникова М.Г. Феномен стресса. Эмоциональный стресс и его роль в патологии // Пат. физиол. – 2001. – № 2. – С. 26-30.
12. Andersson S., Lundeberg T. Acupuncture – from empiricism to science: the functional background to acupuncture effects in pain and disease // Med. Hypotheses. – 1995. – Vol. 45, № 3. – P. 271-281.
13. Кулікович Ю.М., Тамарова З.А. Роль опіатних рецепторів в анальгезії, викликаній дією на точку акупунктури низькоінтенсивних міліметрових хвиль // Мед. перспективи. – 1999. – Т. 4, № 3. – С. 9-14.
14. Hall C.S. Emotional behavior in the rat: 1. Defecation and urination as measures of individual differences in emotionality // J. Comp. Psychol. – 1934. – Vol. 18. – P. 385-403.

15. Буреш Я., Бурешова О., Хьюстон Д.П. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения. – М., 1991. – 268 с.
16. Коваленко Е.А., Гуровский Н.Н. Гипокинезия. – М.: Медицина, 1980. – 307 с.
17. Лоуренс Д.Р., Бенитт П.Н. Клини. фармакол. – Москва, 1991. – 361 с.
18. Нарциссов Р.П. Прогностические возможности клинической цитохимии // Советская педиатрия. – 1984. – Вып. 2. – С. 267-294.
19. Клиническая цитохимия / под ред. А.В.Ягоды, Н.А.Локтева; Ставропольская государственная мед. академия. – Ставрополь: СтГМА, 2005. – 485 с.
20. Лилли Р. Патогистологическая техника и практическая гистохимия. – М.: Мир, 1969. – 648 с.
21. Михайлов А.В. Функциональная морфология нейтрофилов крови крыс в процессе адаптации к гипокинезии: Автореф. дис... канд. биол. наук: СГУ. – Симферополь, 1985. – 25 с.
22. Мардарь А.И., Кладиенко Д.П. Цитохимический способ выявления катехоламинов в эритроцитах // Лаборат. дело. – 1986. – № 10. – С. 586-590.
23. Карнаухова Н.А., Сергиевич Л.А., Квакина Е.Б. Исследование функционального состояния синтетического аппарата лимфоцитов крови при действии слабых низкочастотных магнитных полей // Биофизика. – 2000. – Т. 45, № 4. – С. 716-722.
24. Falck, B., Owman, C. A detailed methodological description of the fluorescence method for the cellular demonstration of biogenic monoamines // Acta Univ. Lundensis. – № 7. – 1965. – P. 79-83.
25. Новицкая В.П. Модификация метода определения моноаминов в лейкоцитах на мазках периферической крови // Клиническая лабораторная диагностика. – 2002. – № 1. – 2002. – С. 24-33.
26. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Кузьменко Т.С. Антистрессорные реакции и активационная терапия. Реакция активации как путь к здоровью через процессы самоорганизации. – М.: «Имедис», 1998. – 656 с.
27. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ Statistica. М.: МедиаСфера, 2006. – 312 с.
28. Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.М. Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды. Монография. – М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 2002. – 232 с.
29. Брискин Б.С., Савченко З.И., Букатко В.Н. и др. Особенности иммунологического реагирования больных острым панкреатитом на воздействие ММ-волнами в разных модификациях // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2002. – № 12. – С. 3-9.
30. Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. – К.: Модмон, 2000. – 319 с.
31. Полулях С.Н., Пакеты прикладных программ в физике, Симферополь, Пирамида-Крым, 1998, 104 с.
32. Утевский А.М., Осинская В.О. Обмен катехоламинов и некоторые механизмы адаптации // Новое о гормонах и механизмах их действия. – К.: Наукова думка, 1977. – С. 123-133.
33. Чуян Е.Н. Нейроімуноендокринні механізми адаптації до дії низько інтенсивного електромагнітного випромінювання надто високої частоти // Автореф. дис... докт. біол. наук. – Київ, 2004. – 40 с.
34. Малыгина В.И. Симпатоадренальная система крыс при адаптации к гипокинезии: Автореф. дис... канд. биол. наук: 03.00.13 / СГУ. – Симферополь, 1989. – 23 с.
35. Шурлыгина А.В., Труфакин В.А. Гушин Г.В. и др. Суточные вариации содержания адреналина, норадреналина и  $\beta$ -адренорецепторов в крови и лимфоидных органах здоровых крыс // Бюллетень экспер. биологии и медицины. – 1999. – Т. 128, № 9. – С. 344-346.
36. Chrousos G.P., Gold P.W. The concepts of stress system disorders: overview of behavioral and physical homeostasis // J. A. M. A. – 1992. – Vol. 267. – P. 1244 – 1252.
37. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме. – М.: Медицина, 1960. – 254 с.
38. Панин Л.Е. Биохимические механизмы стресса. – Новосибирск: Наука, 1983. – 232 с.
39. Маслов Л.Н., Лишманов Ю.Б., Максимов И.В. Влияние агониста мег $\alpha$ - и бета $\beta$ - опиоидных рецепторов даларгина на сократимость миокарда и коронарную перфузию у больных, перенесших инфаркт миокарда // Клиническая фармакология и терапия. – 2004. – Т. 13, № 4. – С. 27-30.
40. Safronova V.G., Gabdoulkhakova A.G., Santalov B.F. Immunomodulating Action of Low Intensity Millimeter Waves on Primed Neutrophils // Bioelectromagnetics. – 2002. – Vol. 23. – P. 599-606.
41. Венглинская Е.А., Рукавцов Б.И., Шубич Н.Г. Сравнительное изучение функциональной активности и цитохимических показателей макрофагов человека и кролика // Журн. гигиены, микробиол., эпидемиол., иммунол. – 1978. – Т. 22, № 1. – С. 73-78.

## **БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯХ БЛОКАДЫ ОПИОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ**

42. Дзасохов С.В., Казакова Л.Г., Субботина Т.И. и др. Влияние низкоинтенсивного КВЧ-излучения на формирование лейкоцитоза у крыс // Вестник новых медицинских технологий. – 1999. – Т. 6, № 2. – С. 15-18.
43. Mastorakos G., Chrousos G.P., Weber J. Recombinant interleukin -6 activates the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in humans // J.Clin. Endocrinol. Metabol. – 1993. – Vol. 27. – P. 1690-1694.
44. Papanicolaou D.A., Petrides J.S., Tsigos C. et al. Exercise stimulates interleukin-6 secretion: inhibition by glucocorticoids and correlation with catecholamines // Am J Physiol. – 1996. Vol. 271. – P. 67-71.
45. Титов В.Н. Роль макрофага в становлении воспаления, действие интерлейкина-1, интерлейкина-6 и активность гипоталамо-гипофизарной системы (обзор литературы) // Клиническая лабораторная диагностика. – 2003. – № 12. С. 7-10.
46. Patel K, Bhaskaran M, Dani D, et al. Role of heme oxygenase-1 in morphine-modulated apoptosis and migration of macrophages // J Infect Dis. – 2003. – Vol. 187. – P. 47-54.
47. Maestroni G. Melatonin and the immune system // Melatonin and the Pineal Gland: Abst.book. – Paris, 1992. – P. 59.
48. Lissoni P., Rovelli F., Brivio F. et al. Circadian recreation of EL-2, IL-12, IL-6 and IL-10 in relation to the light/dark rhythm of pineal hormone melatonin in the health humans` // Nat. Immun. – 1998. – Vol. 6, № 1. – P. 1-5.
49. Stankov B., Reiter R.J. Melatonin receptors: current status, facts and hypotheses // Life Sci. – 1990. – Vol. 46. – P. 971-982.
50. Garcia-Sevilla J.A., Magnusson T., Carlsson A. Effects of enkephalins and two enzyme resistant analogues on monoamine synthesis and metabolism in rat brain // Naunyn. Schmiedebergs Arch. Pharmacol. – 1980. – Vol. 310(3). – P. 211-218.

**Махоніна М.М., Чуян О.М. Біологічна дія ЕМВ НВЧ в умовах блокади опіоїдних рецепторів** // Учені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2007. – Серія «Біологія, хімія». – Т. 20 (59), № 1. – С. 74-91.

Дисертація присвячена вивченню біологічної дії ізольованого і комбінованого з експериментально викликаного стрес-реакцією (гіпокінезія) електромагнітного випромінювання надвисокої частоти ( $\lambda=7,1$  мм, щільність потоку потужності  $0,1$  мВт/см<sup>2</sup>) в умовах виключення системи опіоїдних пептидів, однієї з основних стрес-лімітуючих систем організму, за допомогою введення антагоніста усіх субтипів опіоїдних рецепторів – налоксону. Одним із механізмів біологічної дії низькоінтенсивного випромінювання мм діапазону є збільшення функціональної активності системи опіоїдних пептидів, що є засобом успішної профілактики і корекції розвитку стрес-реакції та здійснюється, по-перше, за рахунок обмеження активності симпатoadреналової системи шляхом пригнічення процесів виділення і рецепції катехоламінів, по-друге, шляхом збільшення показників неспецифічної резистентності та імунологічної реактивності, по-третє, шляхом стимуляції утворення і виділення серотоніна і мелатоніна, тобто за рахунок потенціювання активації інших стрес-лімітуючих систем організму.

**Ключові слова:** низькоінтенсивне ЕМВ НВЧ, опіоїдні пептиди, налоксон, морфометричний аналіз, мікроспектральний люмінесцентний аналіз.

**Makhonina M.M., Chuyan E.N. Biological action of electromagnetic fields of extremely high frequency in the conditions of opioid peptide receptors blocking** // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry". – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 74-91.

The thesis is devoted to study of biological action of electromagnetic fields of extremely high frequency ( $\lambda=7,1$  mm, power flow density  $0,1$  mW/sm<sup>2</sup>) isolated and combined with experimentally evoked stress reaction (hypokinesia) in the conditions of opioid peptide system disabling, which is the one of the main stress-limiting organism systems, by injection of naloxone that is an antagonist of all sub-types of opioid peptide receptors. Obtained results are an evidence that one of the mechanisms of biological action of low-intensity emission of millimeter range is an increase of functional activity of opioid peptide system which is a remedy of effective prophylaxis and correction of stress-reaction development. It is realized, firstly, by means of activity limitation of sympathoadrenal system through depression of the processes of catecholamine release and reception, secondly, by means of an increase of nonspecific resistance and immunological reactivity, thirdly, by means of stimulation of generation and release of serotonin and melatonin, that is, potentiation of activity of other stress-limiting organism systems.

**Keywords:** low intensity EMF of EHF, opioid peptides, naloxone, morphometric analysis, microspectral luminescent analysis.

УДК 57.033:57.034

## КОСМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ГЕОФИЗИКА И ВНУТРИСУТОЧНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РИТМЫ

*Владимирский Б.М., Конрадов А.А.*

Хроноструктура среды обитания для диапазона периодов часы – десятки минут определяется, вероятно, осцилляциями Солнца в полосе g-мод и собственными колебаниями Земли. Возможно, что ситуация здесь вполне аналогична таковой для многодневной ритмики: в солнечной системе существует «сетка резонансных частот», все автоколебательные системы проводят большую часть времени близ соответствующих «резонансов». В рассматриваемом диапазоне есть эндогенные и экзогенные биоритмы. Выдающийся интерес представляют исследования устойчивой ритмики в физико-химических системах, особенно – водных растворов.

**Ключевые слова:** космические и геофизические ритмы, биоритмы,

### ВВЕДЕНИЕ

Хотя изучение биологических ритмов с периодами менее суток привлекало внимание многих исследователей, некоторые важные вопросы, касающиеся их свойств, природы и происхождения, остаются пока без ответа. Кажется, что рассмотрение внутрисуточной ритмики вообще не представляет особого интереса, ибо она не вносит в динамику биологических показателей значительного вклада. Являются ли вообще короткопериодные вариации этих показателей «настоящими» биологическими ритмами? Ведь не все биологические осцилляции являются «биологическими часами», выполняя роль фундаментального формирующего начала!

С другой стороны, если принять положение о необходимости характеризовать динамику биологических систем спектром ритмов, необходимо, казалось бы, изучать все диапазоны этого спектра. Только после соответствующего анализа конкретных биологических осцилляций, рассмотрения данных о связи параметров этих осцилляций с изменением во внешней среде, можно сделать вывод об их природе.

Упомянутый анализ должен существенным образом опираться на данные о хроноструктуре среды обитания. К сожалению, сведения о внутрисуточной периодике экологических параметров фрагментарны, не вполне надежны и мало известны представителям биологических дисциплин. Поэтому целесообразно начать обсуждение сформулированных выше вопросов с краткой сводки соответствующих данных.

### 1. ХРОНОСТРУКТУРА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ДЛЯ ПЕРИОДОВ МНОГО КОРОЧЕ СУТОК

Представить достаточно полную характеристику временной структуры внешней среды для периодов менее суток в настоящее время невозможно. Прежде всего, для построения полной картины необходима подробная эмпирическая информация о короткопериодной динамике многих параметров среды обитания. С точки зрения современной концепции высокой биологической эффективности микродоз действия различных физико-химических факторов [1] список таких параметров должен быть весьма обширным. Помимо хорошо известных физических агентов – таких, например,

как вариации уровня ионизирующего излучения – он должен непременно включать в себя и факторы, которым прежде вообще не придавалось значения. Геофизические поля, в частности – электромагнитный фон – здесь будут самым простым примером.

Как известно, в диапазоне от нескольких суток до десятков лет биологическая ритмика является отражением ритмики космической. Многочисленные космические периоды принадлежат главным образом различным солнечным вариациям, которые отражают, в свою очередь, универсальный спектр осцилляций солнечной системы (осевые вращения и орбитальные движения, конечно – тоже колебания) [2]. Такая сложная картина временной упорядоченности является следствием далеко зашедшей самоорганизации солнечной системы за долгое время ее эволюции, кооперативного характера всей ее динамики. Можно напомнить, что само расположение планет в солнечной системе подчиняется строгой закономерности – закону Тициуса-Боде, современная формулировка которого включает знаменитое «число Фидия» - «золотое сечение» 1,618 [3]. В солнечной системе наблюдается большое число резонансов и целочисленных соотношений между различными величинами. Удвоенная частота обращения Юпитера почти точно равна обращению Сатурна, умноженной ровно на 5. Удвоенный период обращения Меркурия равен основному периоду вариаций общего магнитного поля Солнца, умноженному ровно на 7 [4]. Период следования сейсмических событий на Луне тот же самый, что и один из периодов вариаций скорости солнечного ветра и уровня геомагнитной активности на Земле – 13,7 суток. И так далее. Понятно, что этот синхронный режим движения на каких-то крайних частотах может уже не соблюдаться. Сохраняется ли он в диапазоне рассматриваемых здесь периодов 10 – 200 минут?

В рассматриваемом диапазоне располагаются так называемые собственные гравитационные колебания Солнца. Физически это волны тяжести на границе между зоной радиационного переноса и конвективной зоной (g-моды) и аналогичные поверхностные колебания (f-моды). Большинство специалистов полагают, что эти колебания все еще не обнаружены. Это следует понимать в том смысле, что некоторые квазиустойчивые периоды, наблюдаемые в определенных оптических наблюдениях и в солнечном радиоизлучении не могут быть идентифицированы с конкретными теоретическими гармониками. Однако, некоторые из них, несомненно, реальны. Самым известным из них является 160-минутный период. Он наблюдается свыше четверти века [5]. Исторически сложилось так, что первоначально этот период имел относительно большую амплитуду и получил статус выделенных («особых») колебаний. Однако, в последующем его амплитуда уменьшилась (1983 г.), произошло «переключение» на другое значение периода – сейчас 159,966 мин. [5]. Ныне кажется вполне вероятным, что этот период не отличается принципиально от других периодов этого диапазона, но этим последним менее повезло во внимании исследователей. Рассматриваемый период определенно присутствует в ряде геофизических показателей: индукции горизонтальной составляющей геомагнитного поля, огибающей геомагнитных микропульсаций  $P_c$  3,4, критических частотах низкоширотной E – ионосферы, полярном индексе геомагнитной активности AE. Недавно он был обнаружен в вариациях поглощения космических радиосигналов вместе с обычными своими кратными спутниками 80 и 40 мин [6]. Из перечисленных данных следует, что 160-минутный период имеет солнечное происхождение и не может рассматриваться как 9-я гармоника земных суток. Имеются многочисленные указания на то, что спектр солнечных осцилляций простирается и в

сторону более коротких периодов – таких как  $\approx 57$  минут,  $\approx 45$  минут,  $\approx 32$  мин.,  $\approx 27$  мин.,  $\approx 17$  мин.,  $\approx 12$  мин., (этот участок спектра наименее изучен).

Замечательной особенностью внутрисуточного диапазона периодов является то, что некоторые устойчивые колебания имеют не космическое, а чисто земное происхождение: они попадают в среду обитания «снизу», из литосферы. Это – собственные сейсмические колебания Земли. Теоретически понятные «классические» колебания имеют периоды менее часа: гармоники сферической ветви осцилляций начинаются со значения 54 мин. (обозначается как  ${}_0 S_2$ ), тороидальной – 44 мин. ( ${}_0 T_2$ ). Имеется еще набор сейсмических колебаний неизвестного происхождения с периодами, занимающими диапазон солнечных g-мод. Как «классические», так и неидентифицированные сейсмические колебания обнаруживаются в некоторых других геофизических показателях, например, в АЕ – индексе, геоэлектрическом поле, индукции геомагнитного поля, флуктуациях яркости полярных сияний.

Теперь можно вернуться к вопросу, сформулированному в начале этого раздела: сохраняется ли синхронный (кооперативный) режим движения солнечной системы в рассматриваемом диапазоне периодов? Иными словами, тяготеют ли выявленные короткие периоды к сетке резонансных частот солнечной системы? Для солнечных осцилляций в интервале периодов 70 – 300 минут анализ, проведенный в [7, гл. 5], позволяет ответить на этот вопрос скорее положительно.

Если синхронный режим действительно остается в силе, то должно обнаруживаться некоторое соответствие между периодами собственных колебаний Земли и периодами солнечных осцилляций. Для некоторых значений периодов совпадение, похоже, имеет место. Помимо периода 160 минут, близкое совпадение между солнечными и геофизическими периодами есть еще для доброго десятка значений, не совпадающих с гармониками суток, например, 134,5 или 126,7 минут. В некоторых гелиофизических измерениях есть, как будто, тороидальные гармоники 43,6; 28,6; 17,6 минут. Понятно, что неслучайность таких совпадений может быть доказана (или опровергнута) только специальными исследованиями. При этом сразу возникает очень трудный вопрос: не сказываются ли колебания геофизических полей на результатах гелиофизических наблюдений?

Некоторые важные цифровые данные, касающиеся изложенного выше, собраны в табл.1. Первые пять колонок можно рассматривать как панорамное изображение хроноструктуры среды обитания в диапазоне коротких периодов. Не совсем обычная шкала времени (по вертикали) – в величинах гармоник суточного периода – в данном случае удобна, так как многие периоды оказываются близкими к соответствующим значениям этих гармоник.

## **2. КОНКРЕТНЫЙ ПРИМЕР ДЛЯ СТАНДАРТНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА – АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ**

Даже для такого показателя как обычное барометрическое давление временная организация для коротких периодов изучена очень мало. Вот почему специально для данного обзора, используя одноминутные данные, был построен спектр Фишера. Данные были получены в ИЗМИРАН (Москва) и относятся к интервалу февраль-март 2003 г. (интервал был выбран произвольно). Оказалось, что в диапазоне 60 – 260 минут в спектре присутствуют 16 линий с статистической значимостью не хуже  $10^{-5}$ . Как показало изучение соответствующих СВАН-диаграмм, некоторые из этих периодов

(внесены в табл.1) довольно устойчивы. Один из наиболее ярко выраженных периодов –  $206,0 \pm 0,3$  мин. практически совпадает с 7-й гармоникой суток (205,71 мин.), но это, конечно, не гармоника суток в буквальном смысле слова, а период, находящийся к суткам в кратном отношении. Для всех периодов путем свертки были построены профили колебаний. Реальные изменения давления оказались весьма малы. Самая большая амплитуда была найдена для упомянутого выше периода 206 минут – около 0,1 мб. Амплитуда для периода 85 мин. составляет 0,06 мб.

Интересно сравнить эти данные с косвенными наблюдениями атмосферных осцилляций, проводившихся в свое время при изучении солнечных пульсаций – путем измерения вариаций в теллурической оптической спектральной линии [9]. Оказалось, что для перекрывающихся диапазонов периодов все надежно выделенные в данных вычислениях периоды имеют своих двойников в результатах цитированных наблюдений с рассогласованием, не превышающим  $\pm 0,5$  минуты.

Нет сомнений, что спектр когерентных атмосферных колебаний продолжается в сторону еще более коротких периодов. В табл. 1 нижние строчки столбца «Атм.» заполнены значениями периодов, найденных при измерениях вариаций экстинкций синхронно на двух независимых телескопах [11]. Здесь особенно удивительно присутствие периода  $12,5 \pm 0,2$  мин., точно совпадающего с гармоникой  $0T_8$  собственных колебаний Земли (другие близкие периоды найдены с большой ошибкой). Для приведенных выше периодов атмосферных колебаний характерно также очень близкое совпадение с некоторыми из известных «неклассических» сейсмических колебаний. Из просмотра соответствующих литературных источников видно, что у таких периодов как (минуты) 119, 128, 135, 169, 192 рассогласование с их сейсмическими двойниками составляет в среднем всего  $\pm 0,2$  мин. (все эти периоды не совпадают с гармониками суток). Перечисленные периоды оказались также столь же близки к соответствующим периодам АЕ-индекса. Какова бы ни была причинная связь между баровариациями, сейсмическими колебаниями и изменениями АЕ-индекса (здесь не рассматривается), ясно что они могут действовать на биообъекты одновременно-синхронно. Поэтому очень важно изучать биологическое действие микровариаций давления в модельных опытах [10].

### **3. БИОЛОГИЧЕСКИЕ РИТМЫ**

Публикаций, в которых был бы построен спектр биологических ритмов для всего рассматриваемого диапазона периодов на достаточно большом массиве данных – считанные единицы. В последней колонке табл.1 сопоставляются данные [12] и [13]. Измерения выполнены в разное время, обработаны разными методами и относятся к разным показателям совсем разных биологических объектов. В первом случае – это динамика подвижности стандартных лабораторных животных (крыс), во втором – физиологические показатели человека и некоторые биологические показатели, имеющие отношение к ритму синтеза белка. В обоих случаях представлены только периоды большой амплитуды (для данных [12] некоторые значения близ границы отбора внесены в скобках). Даже беглый обзор этих данных позволяет заметить далеко идущее сходство: около половины значений периодов [13] имеет своих двойников в активности крыс с рассогласованием не превышающим  $\pm 0,5$  мин. Общие периоды располагаются, как правило, близ гармоник суток. Знаменитый период 160 минут присутствует вместе со

своими кратными значениями 80 и 40 минут. Эта же закономерность видна для динамики показателей дрожжевых культур, изучавшейся длительное время [14]. В этих последних данных присутствуют некоторые периоды, явно отличающиеся от суточных гармоник – например, 184,2 мин. Между прочим, автор этого замечательного исследования сумел показать, что и зафиксированный им 160-минутный период – не 9-я гармоника суток, а точный аналог солнечных пульсаций (тогда – 160,01 мин.). Похоже, не совпадают с суточными гармониками также периоды, обнаруженные в длительных (10 лет) самонаблюдениях над ритмикой сна [15] (в пределах ошибок периоды 17,2 мин. и 52,9 мин. совпадают с периодами собственных колебаний Земли – см. табл.1). Понятно, что микроритмика вызовов скорой помощи, напротив, совпадает с периодами, кратными суткам – 180 мин. и 288 мин. [16]. В литературе часто можно встретить еще упоминание о периодах 360 минут и 240 минут.

Спектры, построенные по длительным наблюдениям, не позволяют наблюдать динамику ритмики. Поэтому очень ценны наблюдения над гидробионтами [17]. Найдено, что во время магнитных бурь в спектре локомоторной активности рыб период около 80 минут заметно подавляется, хотя периоды 180 – 200 минут почти не изменяются (влияние магнитных бурь на суточную – многодневную периодику известно давно).

Так называемые «околочасовые колебания» биохимических показателей и размеров клеток и клеточных органелл имеют все признаки автоколебаний [18, 19]. Тем самым, они, вероятно, являются полным аналогом классических эндогенных ритмов – суточных и околонеделных. Вполне вероятно, что синхронизирующим агентом для них – датчиком времени – является сигнал электромагнитной природы. Конкретно это могут быть осцилляции, соответствующие глобальным резонансам солнечной системы 120 или 30 минут (см. табл.1). Проверкой такого предположения могут быть опыты с электромагнитным экранированием (под экраном этот датчик времени «выключается»).

Эксперименты с дрожжевыми культурами [14] показывают, что обнаруженные здесь осцилляции, скорее всего, являются экзогенной ритмикой. Характерно здесь присутствие периодов, некратных суткам (даже 160-минутный период, присутствующий почти всюду, в данном случае точно совпадает с периодом солнечных пульсаций, см. библиографию к [14]).

#### **4. ОСЦИЛЛЯЦИИ В ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

К настоящему времени влияние космической погоды на динамику физико-химических систем установлено с полной определенностью (обзор соответствующих публикаций см. в [20]). К сожалению, рассматриваемый диапазон коротких периодов привлекал внимание очень немногих исследователей. Между тем, переход к этому диапазону снимает одну из серьезных методических проблем – паразитные температурные эффекты. Для коротких периодов – менее 180 минут (порядка постоянной времени прецизионных термостатов) – температурные вариации подавляются из-за наличия теплоемкости исследуемых элементов, они просто «не успевают» нагреться – охладиться. Периоды данного диапазона были изучены для флуктуаций скорости счета радиоактивных эталонов [21]. Они представлены в последней правой колонке табл. 1. Как видно, здесь присутствует околочасовой период и две гармоники классических собственных колебаний Земли. Некоторые из этих периодов совпадают с периодами,

выделенными при анализе вариаций токов в стандартной микросхеме [22]. Другие периоды, найденные в цитируемой работе, совпадают в пределах ошибок со сфероидальными и крутильными гармониками собственных колебаний Земли, включая период 53,9 минут и самый короткий из изученных периодов 12,3 мин. Существуют серьезные аргументы в пользу предположения о том, что периоды в цитированных исследованиях появляются из-за «вмешательства» в физико-химическую кинетику внешних электромагнитных полей низких частот. Вариации скорости счета радиоактивных эталонов в таком случае отражают изменения эффективности регистрации. Собственные колебания Земли должны, естественно, сопровождаться соответствующими вариациями электромагнитного фона (до сих пор – неизученными).

Короткопериодические вариации параметров водных растворов и других жидкостей занимают особое место. Они были обнаружены в экспериментах по светорассеянию [23]. Для воды зафиксированные периоды лежат в интервалах 30-45, 15-20 и 1-6 минут. Имеются также и более длительные периоды, в частности, порядка часа. Некоторые свойства этих колебаний указывают на их автоколебательную природу. Происхождение их остается загадочным.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Из представленных данных и их краткого обсуждения следует, что внутрисуточная биологическая ритмика как феномен реально существует. Не подлежит сомнению, что весь этот круг вопросов представляет для исследователей выдающийся интерес. Имеющиеся данные указывают, что для биологических осцилляций в диапазоне периодов от десятков минут до многих часов возможны три известных логических схемы их теоретического истолкования: неустойчивые колебания – типа ритмических взмахов крыльев насекомых – это, собственно, не биологические ритмы; биологические ритмы – устойчивые колебания экзогенной природы; квазиустойчивые колебания эндогенного происхождения – автоколебания, синхронизированные внешним периодическим сигналом. В среде обитания в указанном диапазоне такие синхронизирующие сигналы несомненно присутствуют. Есть некоторые признаки того, что эта естественная ритмика упорядочена в соответствии с закономерностями, найденными для многодневной ритмики: имеется некоторая глобальная универсальная «сетка резонансов» солнечной системы; все автоколебательные системы проводят значительную часть времени вблизи этих резонансов. Понятно, что эта организация наблюдается на фоне хаотических шумов.

Таблица.

Ритмы окружающей среды и биологических объектов

n	1440 n	Резонанс н. солн. сист. [7]	Солн. колеб [9]	АЕ	Атм. [11]	Коле б Земл и	Биоритмы			
							[12]	[13]	[14]	[21]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	206,7								205,7	
		203,6			206,0				203,4	
8	180,0	194,6; 180,4	(194,3); 196,3	196,1	192,0		(195,3) 193,0	180,0		
		174,5; 172,4; 169,6	183,7; 180,2	183,6	177,0	185,5	(179,4)		184,2	185,0
9	160,0	167,5; 165,4; 163,5	174,2; 160,0	175,4 160,0	173,0 169		(176,0)	160,0	160	175,0
		156,6; 152,5	156,6; 152,7		157		169,9			
10	144,0	148,7; 147,5	(148,4); 150,3	148,5		148,0				
		144,5	144,5	-	143,0		145,2	144,8 ; 141,0	143,6	144,5
11	130,9	137,6; <b>135,08</b>	(137,9); 136,5 134,3	136,6 134,6	135	134,6				
			130,8							
12	120,0	120,5	127,0 (122,9)	120,4 122,3	128; 124	128,0	(129,0)	120,0	120,6	
		<b>(121,50);</b> 122,6	119,6		119,0		119,9			
13	110,8	116,6	116,6; 115,9	115,6		111,4	(115,5)			111,5
		<b>(109,18)</b>		108,3	108,0		(111,7)	108,0		
14	102,9			103,5		103,7				
15	96,0						96,0	93,6		
16	90,0			92,4				90,0		
		<b>(89,99)</b>								
18	80,0	80,3	80,0	85,7 80,3	85	84,5	82,3;85, 3 80,7	85,1		
								80,0	78,0	

**КОСМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ГЕОФИЗИКА И ВНУТРИСУТОЧНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РИТМЫ**

Продолжение таблицы.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	72,0			72,6			(75,4) (72,4)			
							68,5			
24	60,0	<b>(65,39)</b>			60,0±5,0		64,9 60,1	60,0		61,0
				59,5			(56,4)			
28	51,4	57,0; <b>(57,51)</b>		54,5		53,9	53,4			55,5
								50,0; 46,7		
33	43,6		45,2		47,5±1,5		(41,3)	42,5		45,0
		<b>(42,27± 1,08)</b>		43,4		43,6	(40,0) (36,9)	40,0		
45	32,0	<b>(34,78)</b> <b>(35,09)</b>	(33,4) (34,0)	35,6	36,0±1,0	35,7	(34,2) 32,3	33,3; 36,7		
		<b>(30,08± 0,48)</b>					30,0	30,0		
50	28,8		28,7 (28,0)	28,8	27±1,5	28,6		28,3 27,5		
		<b>(26,40)</b>	(25,3)	25,4		25,8		26,7		
60	24,0							24,3		23,5
70	20,6		(21,0)	21,8	21,5±1,0	21,8		20,0		
				20,1		19,8				
80	18,0	<b>(16,5±0, 23)</b>		17,1 16,2		17,6 16,0				

**Примечания:** Колонки:

1. Порядковый номер солнечно-суточной гармоника.
2. Значение гармоника данного номера, минуты.
3. сетка резонансных частот Солнечной системы данного диапазона специально не изучалась. Представленные здесь цифры – периоды (минуты), обладающие относительно большим весом (подсчитан в [7],  $W \geq 5$ ). Для периодов менее 100 минут приведены данные комбинационных частот, вычисленные в [8]. Эти данные (в скобках) образуют мультиплеты, представленные средним значением периода со стандартным отклонением.
4. Данные о периодах (минуты) в оптических наблюдениях [9] дополнены другими данными. Представлены только периоды с большим весом согласно [7]. В скобках указаны периоды, для которых вес менее принятого критического, но они совпадают с резонансными значениями.
5. Литературные ссылки по вычислениям спектров вариаций АЕ-индекса представлены в [2].
6. Данные по атмосферным периодам комментируются в разделе 3, периоды менее 85 минут взяты из [11].
7. Данные о периодах собственных колебаний Земли, взятые из справочной литературы и публикаций о «неклассических» сейсмогравитационных колебаниях, комментируются в [2].
8. Данные о биоритмах комментируются в тексте, раздел 4. самый крайний правый столбец относится к физико-химическим системам.

### Список литературы

1. Бурлакова Е.Б., Конрадов А.А., Мальцева Е.Л. // Биофизика. – 2004. - Т. 49, №3. - С. 551-564.
2. Владимирский Б.М., Нарманский В.Я., Темурьянц Н.А. Космические ритмы. - Симферополь, 1994. - 173 с.
3. Бугусов К.П. Резонанс волн биений и закон планетных периодов. - СПб, Копи-Парк, 2005. - 83 с.
4. Котов В.А. // Изв. Крымской астрофиз. Обсерватории. – 2007. - Т. 103, №2. - С. 245-254.
5. Котов В.А., Ханейчук В.И. // Изв. Крымской астрофиз. Обсерватории. – 2004. - Т. 100. - С. 30-44.
6. Самсонов С.Н., Соколов В.Д., Скрябин Н.Г. // Изв. Крымской астрофиз. Обсерватории. – 2004. - Т. 100. - С. 105-109.
7. Панкратов А.К., Нарманский В.Я., Владимирский Б.М. Резонансные свойства солнечной системы, солнечная активность и вопросы солнечно-земных связей, Симферополь, 1996. - 77 с.
8. Чечельницкий А.М. Экстремальность, устойчивость, резонансность в астродинамике и космонавтике, М., Машиностроение, 1980. - 312 с.
9. Северный А.Б., Котов В.А., Цап Т.Т. // Изв. Крымской астрофиз. Обсерватории. – 1985. - Т. 71. - С. 3-19.
10. Delyukov A., Didyk L. // Intern. J. Biometeorol. – 1999. - V. 43. - P. 31-37.
11. Бурнашев В.И., Бурнашева Б.А., Меркулова Н.И., Метик Л.П. // Изв. Крымской астрофиз. Обсерватории. – 1991. - Т. 83. - С.156-176.
12. Мартынюк В.С. // Биофизика. – 1998. - Т. 43, № 5. - С. 789-796.
13. Чиркова Э.Н. Современная гелиобиология. - М., Гелиос, 2005/ - 517 с.
14. Кузнецов А.Е. // Биофизика. – 1992. - Т. 37, №4. - С. 772-784.
15. Афанасьев С.Л. Атлас временных вариаций. - М., изд. «Янус-к», 2002. Т.3. - С. 566-568.
16. Элькис И.С., Вартапетов М.Г., Антикаева О.И., Гамбурцев А.Г. Атлас временных вариаций. - М., Изд.-во «Янус-к», 2002. – Т.3. - С. 525-532.
17. Александров В.В. // Биофизика. - 1995. - Т. 40, №4. - С. 771-777.
18. Бродский Я., Нечаева Н.В., Ритм синтеза белка. - М. Наука, 1988. – 220 с.
19. Эйбус Л.Х., Литинская Л.Л. // Биофизика. - 2006. - Т. 51, №1. - С. 108-115.
20. Владимирский Б.М. // Вестник Калужского университета. - 2007. - №1. - С. 25-39.
21. Федоров М.В., Дещеревская Е.В., Шаповалов С.Н., Горшков Э.С., Трошичев О.А. // Биофизика. – 2001. - Т. 46, №5. - С. 795-798.
22. Брунс А.В., Владимирский Б.М. // Изв. Крымской астрофиз. Обсерватории. – 2007. - Т. 103, №1 (в печати).
23. Черников Ф.Р. // Биофизика. – 1986. - Т. 31, №4. - С. 596-600.

**Володимирський Б.М., Конрадов О.О. Космічна фізика, геофізика і внутрішньо добові біологічні ритми** // Учені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2007. – Серія «Біологія, хімія». – Т. 20 (59), № 1. – С. 92-100.

Хроноструктура середовища існування для діапазону періодів годинни – десятки хвилин визначається, ймовірно, осциляціями Сонця у смузі g-мод і власними коливаннями Землі. Можливо, що ситуація тут цілком аналогічна такій для багатоденної ритміки: у сонячній системі існує «сітка резонансних частот», всі автоколивальні системи проводять велику частину часу поблизу відповідних «резонансів». У даному діапазоні є ендогенні і екзогенні біоритми. Видатний інтерес набувають дослідження стійкої ритміки у фізико-хімічних системах, особливо – водних розчинів.

**Ключові слова:** космічні і геофізичні ритми, біоритми

**Vladimirsky B.M., Konradov A.A. Cosmic physics, geophysics and ultradian biological rhythms** // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry". – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 92-100.

Chronostructure of environment in range of ultradian periods (hours- ten of minutes) determined, probably, solar oscillations in the bar of g-fashions and own vibrations of Earth. It is possible that a situation here is fully analogical such for of many days rhythmic: there is a «net of resonance frequencies» in the planetary system, all of the autoswaying systems conduct the most of the time near the proper «resonances».

**Keywords:** space and geophysical rhythms, biorhythms.

## THE ROLE OF THE AIR POLLUTION IN THE CHRONIC OBSTRUCTIVE RESPIRATORY DISEASES

*Russo M.V., Perrone A., Pisani A., Valenzi V.I., Avino P.*

Air pollution reduction and its impact on public health continually require the control of the pollution sources, the plan of observational studies and the organization of an efficient network of environmental control and a closer study of meteo-climatic factors. Chronic Obstructive Respiratory Diseases due to air pollution have become a social problem of widespread interest. Climatotherapy measures have been executed by means of a new simple electronic instrument measuring the Skin Electric Parameters, i.e. the set of human skin parameters that give an indirect measure of the health status of the patient.

The results of this work show that a climate marked by continuous windy weather, low humidity and high concentrations of negative ions with low concentrations of chemical pollutants (i.e. Pietracupa, Molise, Italy) reduce the need for health care for Chronic Obstructive Respiratory Disease in comparison with what happens in big cities such as Rome.

**Keywords:** Air pollution; Primary sources; Differential Optical Absorption Spectroscopy; Skin Electric Parameters; Chronic Obstructive Respiratory Disease.

### INTRODUCTION

Air pollution is one of the most important environmental factors influencing public health. This paper demonstrates the difference in the role of air pollution in big city and small country town environment. Scientific effort can measure the status of air pollution, but corrective action cycle is based only upon political, social and economic power. It should be necessary to pinpoint and adopt more severe strategies to control the sources of pollution, to formulate a plan on observational studies and on the control of the epidemic, pointing out and fixing the limits of acceptability of concentrated pollutants, to organize an efficient network of environmental control, and to study meteo-climatic factors.

Chronic Obstructive Respiratory Diseases (CORDs), which are caused by air pollution, constitute a social problem of widespread interest [1]. For many years its chronic nature and frequent weakening effects hinder the full development of the psycho-physical potential and of the working and non-working activities of those patients who suffer from them, making heavy inroads on social and sanitary expenditure in terms of loss of working hours and high costs both for the cure and rehabilitation of the patient.

All over the world, "climatic therapy" is a subject of current, contemporary interest even in the treatment of chronic obstructive respiratory pathologies and pollution related illnesses in general.

The present European goal of atmospheric quality ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  of  $\text{PM}_{10}$ ) should be reviewed in further European rulings and fixed at  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  to permit a further improvement of the effects

of air pollution on health, according to the WHO findings. Similar indications are emerging from the European study [2,3] in the populations of France, Austria and Switzerland: the present levels of pollution are considered responsible for 20,000 deaths per year, for about 25,000 new cases of chronic bronchitis, for about 300,000 cases of acute bronchitis in children and almost 500,000 crises of asthma, causing a financial loss of 16 million working days being lost, equal to 27 billion Euro per year.

## MATERIALS AND METHODS

### Area investigated

The town of Pietracupa (Molise Region) together with 50 other populated areas are located in the Center of Italy. According to the health information service of the Molise region, in 1998 the three structures acting as hospitals which serve the area of ASL "Centro Molise" receive 344 patients suffering from CORDs at a rate of 2.6 hospitalizations per 1,000 residents.

In Rome there are up to 80 hospitals and clinics with the addition of 14 centers hospitals. Resident population in 2000 year were 2,643,581 inhabitants. In the same year, the CORD hospitalization data published were 5,614 in conventional way and 10,846 in day hospital, bringing the total to 16,460 at a rate of 6.2 patients admitted per 1,000 residents.

### Measurements

Climatotherapy measures have been executed by means of a new simple electronic instrument measuring the Skin Electric Parameters (SEP), i.e. the set of human skin parameters giving an indirect measure the health status of the patient [4].

The instrument is simply a ohmmeter based upon a Winston bridge[5,6]. It gives a measure or evaluation of the skin conductance or reduction due to the impact of radiofrequency on the skin. These measures allow to evaluate the meteopathies i.e. pathologies influenced exclusively by direct or indirect atmospheric factors.

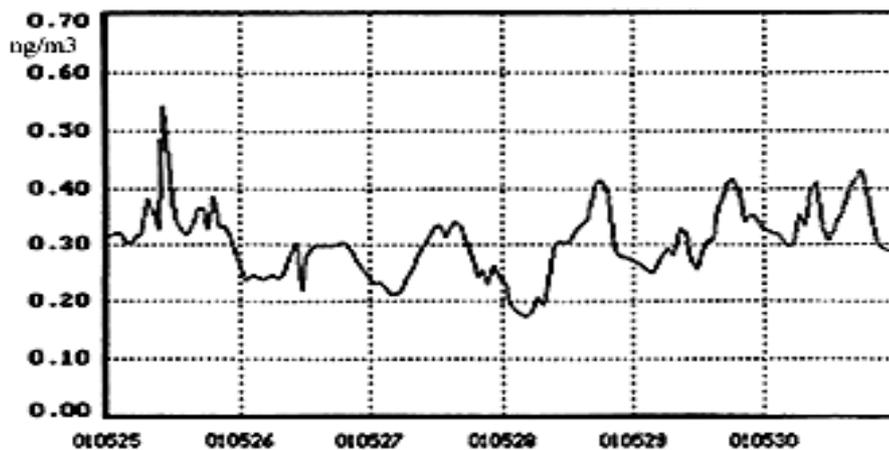
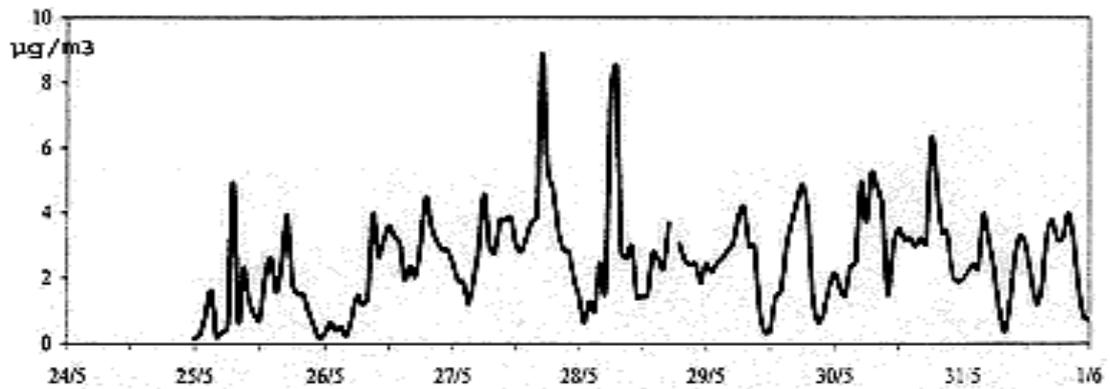


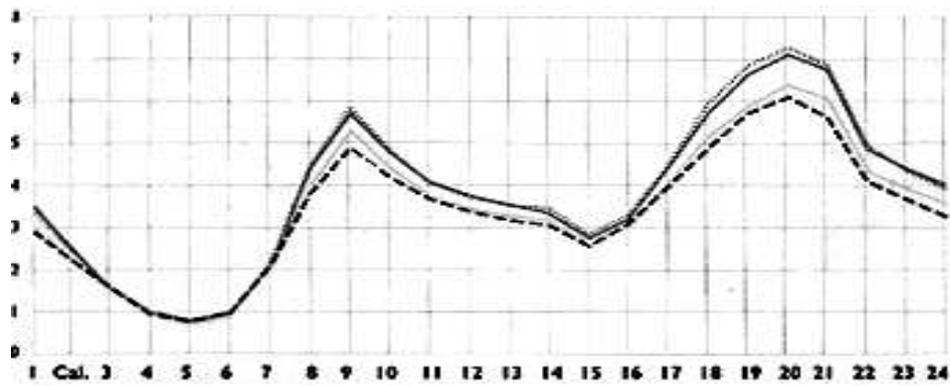
Fig. 1a. Typical weekly CO (ng/m<sup>3</sup>) trend in Pietracupa.

**THE ROLE OF THE AIR POLLUTION  
IN THE CHRONIC OBSTRUCTIVE RESPIRATORY DISEASES**

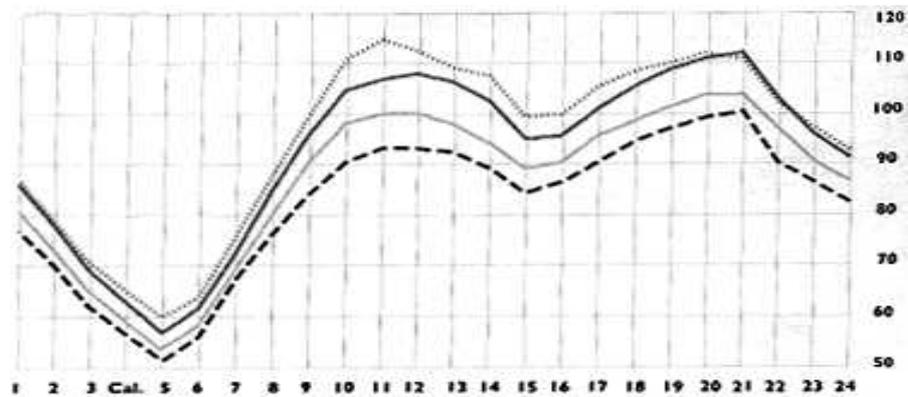
---



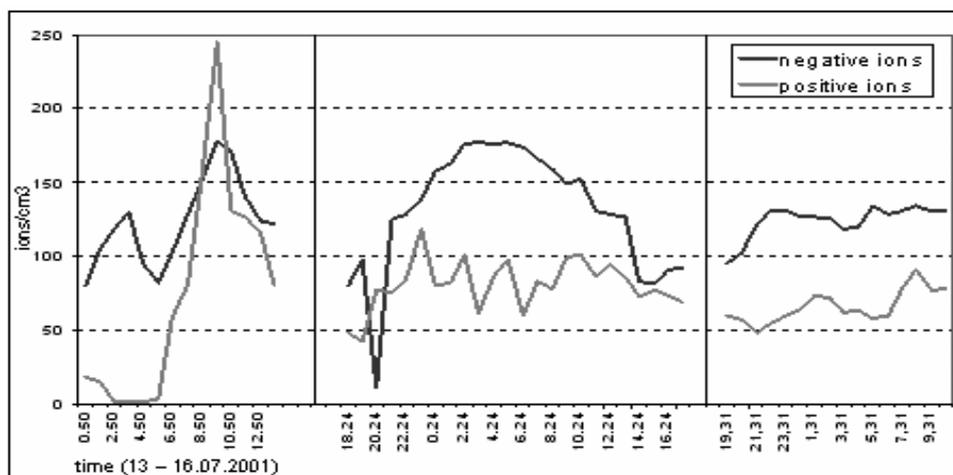
**Fig. 1b.** Typical weekly NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) trend in Pietracupa.



**Fig. 2a.** Average daily trend of CO (mg/m<sup>3</sup>) in Rome during the period 1993-96.



**Fig. 2b.** Average daily trend of NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) during the period 1993-96.



**Fig. 3.** Daily measurements of ion concentrations (ions/cm<sup>3</sup>) in Pietracupa.

The Fig. 1 and 2 gives the evaluation of some pollution phenomena at Pietracupa (Middle Molise) and Rome, respectively. Figures 1a and 1b show CO and NO<sub>2</sub> measured in Pietracupa. Fig. 2a and 2b show pollutants measured in Rome. It should be underlined that the effects of these two pollutants on the human health are different and dangerous: CO causes an increase of respiratory and cardiovascular diseases whereas NO<sub>2</sub> causes an increase of respiratory problems. Finally, the Fig. 3 shows Pietracupa ion concentration measures and the Table 1 shows air ionization and subjective description of the environment perception.

## RESULTS AND DISCUSSION

The evaluation of the primary pollution was taken by considering the parameters of the particulate, CO, NO<sub>2</sub>, and other pollutants, based on wind determinations of the mobile laboratory (Fig. 1-2). The behavior of the mentioned pollutants indicates negligible levels. Benzene and toluene concentrations are so small as to be undetectable. Similar results emerged for sulphur dioxide and for carbon monoxide. In conclusion the air quality analysis in the area of Pietracupa during the campaign period offers a scenario in which pollution, either local and anthropogenic is absent. In a metropolitan area the situation is quite different: a typical example is the Rome case. In such megacity the main problem is caused by primary pollutants, like benzene, particulate matter, elemental carbon. Anthropogenic activities are the dominant pollution sources.

In a small village like Pietracupa, there are no sources of primary pollutants and the primary pollutant levels are very low. Ozone and NO<sub>2</sub> levels are important in the photochemical smog formation. Figure 2 shows some examples of CO in Rome. In particular, benzene and toluene levels are quite high (about 8 µg/m<sup>3</sup> and 21 µg/m<sup>3</sup>) in downtown area versus large towns in various countries. This is essentially due to the motor-vehicle traffic.

The measurements reported in Table 1 show preliminary observations also related to a subjective description of the environment perception. It has been reported in other studies that the concentration of ions is reduced, with an inversion of the ratio between positive and negative ions in heavy traffic cities.

**THE ROLE OF THE AIR POLLUTION  
IN THE CHRONIC OBSTRUCTIVE RESPIRATORY DISEASES**

**Table 1.**

**Air ionization and subjective description of the environment perception.**

Place	n <sup>-</sup> ions	n <sup>+</sup> ions	n <sup>-</sup> /n <sup>+</sup> ratio	Small ions (K≥1) %	Big ions (K<1) %	Best (+++++) and worst (+) perception
Country, sun, sea, level	306.7	251.6	1.21	88.0	12.0	++++
Sea, quiet, no wind	436.7	354.4	1.23	84.7	15.3	+++++
Mountain 2000 m	560.3	602.5	0.92	92.0	8.0	+++++
Town street no traffic	120.5	108.7	1.10	66.0	44.0	+++
Town street traffic	30.8	150.4	0.20	25.0	75.0	+
<b>Mean value</b>	291.0	293.5	0.93	71.1	28.9	++++ (3.6)
<b>SD</b>	± 218.9	± 197.2	± 0.40	± 27.6	± 28.4	± + (1.6)

**CONCLUSIONS**

This is the first preliminary approach on correlation between air pollution and CORDs including the effects of climate therapy. The trends of some important pollutants are reported and commented for both the sampling sites. Further, a daily measurements of ion concentration are reported: these are the first measures in Italian areas. The absence of air pollution, the high levels of negative ions indicate Pietracupa and Middle Sannio as being the potentially ideal places in which investing resources to implement a project on climatic therapy.

**List of references**

1. Valenzi V.I., Grieco U., Garcia A., Marinelli F., Lozito A., Messina B. Cutaneous electrical phenomena in the evaluation of the curative properties of sand and marine environment: preliminary observations // CIRM Research. - 1999. - Vol. 3.
2. Kunzli N., Kaiser R., Medina S., Studnicka M., Chanel O., Fillinger P. Public health impact of outdoor and traffic related air pollution: an European assessment // Lancet. - 2000. - Vol. 356. - P. 795-801.
3. Cattani S., Galassi C., Gruppo Itaria Archivio dei dati di inquinamento atmosferico e indicatori di qualità dell'aria nelle principali città italiane: il Progetto ITARIA-WHO // Annali dell'Istituto Superiore di Sanità. - 2000. - Vol. 36. - P. 275-283.
4. Valenzi V.I., Messina B. The role of quantum electro dynamics(QED) in medicine // Rivista Biologica. - 2000. - Vol. 93. - P. 267-312.
5. Scalia M., Sperini M., Garcia A., Dell'Anna C., Valenzi V.I., Messina B. Gli ioni aerei. Andromeda Editore, Rome, 1998.
6. Marinelli F., Beltramo M.C., Mangianti F., Mecosini F., Messina B., Roseghini M.L., Sperini M., Scalia M. The air ionization and the human physiopathology. Personal communication. - 2004.

**Руссо М.В., Перроне А., Пизани А., Иалензи В.И., Авино П. Роль атмосферного загрязнения в развитии хронических заболеваний органов дыхания // Учені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2007. – Серія «Біологія, хімія». – Т. 20 (59), № 1. – С. 101-106.**

Уменьшение воздушного загрязнения и его влияние на здоровье людей требуют постоянного наблюдения за источниками загрязнения, мониторинговых исследований и организации эффективной сети экологического контроля и более глубокого изучения метеоклиматических факторов. Хронические заболевания органов дыхания благодаря воздушному загрязнению стали социальной проблемой, что привлекает широкий интерес общественности. Климатотерапевтические исследования были проведены с помощью нового простого электронного инструмента, измеряющего электрические параметры кожи, которые предоставляют косвенное мероприятие оздоровительного статуса пациента. Результаты исследования показали, что климат, сопровождающийся непрерывной ветреной погодой, низкая влажность и высокие концентрации отрицательных ионов с низкими концентрациями химических загрязняющих агентов на курорте Pietrascira, Molise, Италия сокращают уровень хронических заболеваний по сравнению с тем, что имеет место в больших городах, таких, например, как Рим.

**Ключевые слова:** атмосферное загрязнение, источники загрязнения, дифференциальная оптическая спектроскопия, электрические параметры кожи, хронические заболевания органов дыхания.

**Руссо М.В., Перроні А., Пізані А., Іалензі В.І., Авіно П. Роль атмосферного забруднення в розвитку хронічних захворювань органів дихання // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry". – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 101-106.**

Зменшення повітряного забруднення і його вплив на здоров'ї людей вимагають постійного спостереження за джерелами забруднення, моніторингових досліджень і організації ефективної мережі екологічного контролю і ретельного вивчення метеокліматических чинників. Хронічні захворювання органів дихання завдяки повітряному забрудненню стали соціальною проблемою, що повертає широкий інтерес громадськості. Кліматотерапевтичні дослідження були проведені за допомогою нового простого електронного інструменту, що вимірює електричні параметри шкіри, які надають непрямий захід оздоровчого статусу пацієнта. Результати дослідження показали, що клімат, що супроводжується безперервною повітряною погодою, низька вологість і високі концентрації негативних іонів з низькими концентраціями хімічних забруднюючих агентів на курорті Pietrascira, Molise, Італія скорочують рівень хронічних захворювань у порівнянні з тим, що має місце у великих містах, таких, наприклад, як Рим.

**Ключові слова:** атмосферне забруднення, джерела забруднення, диференціальна оптична спектроскопія, електричні параметри шкіри, хронічні захворювання органів дихання.

УДК 57.033:57.034

## CHALLENGES FROM "60 YEARS OF TRANSLATIONAL CHRONOBIOLOGY"

*Halberg Franz*

**SO WHAT? Health care could change from the current, mostly spotcheck-based approach ("flying blind" [1] between visits to a care provider's office) to a relatively inexpensive since largely self-implemented continuous surveillance.** This paradox of "more for less" [2, 3] (Figure 1) could be aided by a website (Figure 2 and Appendix) that automatically analyzes and interprets data with the double purpose of the long-term health surveillance of the individual participant who plans to use it for a lifetime and of medical research serving for ever-improving health care, preventively recognizing (and lowering) high disease risks (Figure 3). As a dividend, basic transdisciplinary research on the accumulating database would find numerous applications. Notable among these aims is the implicit biologic monitoring of solar variability with focus on physical mechanisms underlying the physiology and pathology of individuals and of populations, including events such as criminality, suicide and sudden cardiac death (Figure 4) [4].

### **I. High blood pressure: diagnosis and treatment**

For everyone in 2007, "exclusive reliance on office measurement should be discouraged" [5], as suggested in 1904 [6, cf. 4] and in the interim [6-9]. A timely and time structure-based (chronomic) diagnosis and treatment of high blood pressure, affecting as many as 50 million Americans, gain from (preferably but not necessarily [10] automatic) computer-aided selfsurveillance.

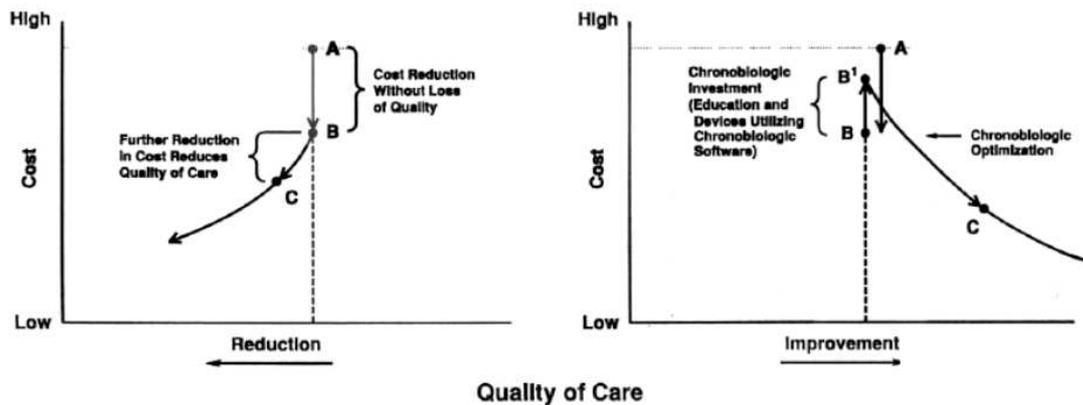
Thereby, we minimize false diagnoses, i.e., maximize the number of those brought to treatment who were previously false-negatively diagnosed (masked hypertension, [5]) and minimize those diagnosed false-positively (white-coat effect, [5]), while optimizing treatment in kind, dosing, and timing, as warranted based on the monitoring [11].

A combination of a time-structural or chronomic diagnosis and chronomically timed treatment (under frequent or preferably continuous surveillance, at least at therapy initiation) could benefit a very large segment of populations in areas like the USA where most families have computer-savvy members; where these are missing, support groups can be set up and data can be analyzed on a website, as they are now analyzed worldwide within the context of an international project on the BIOSphere and the COSmos (BIOCOS) (corne001@umn.edu) [12-15].

### **II. A vascular variability syndrome, starting in the physiological range: detection for stroke and other severe disease prevention**

1) Vascular variability abnormalities (VVAs) involve, at their outset, circadian alterations in the normal range, detected by computer comparison with reference standards from age- and gender-matched peers. These are an overswing of blood pressure or CHAT (brief for circadian

**COST AND QUALITY TRADE-OFFS (LEFT)  
OR UTILIZATION OF CHRONOBIOLOGIC CONCEPTS  
FOR PREVENTIVE AS WELL AS CURATIVE  
MEDICAL DEVICES (RIGHT)**



**Fig. 1.** Cost and quality trade-offs (left) or instrumented self-help (right) concerning blood pressure and its variability disorders, diagnosed and treated along with hypertension via a multipurpose website constituting the start of a biomedical recording system (cf. Figure 2). ©Halberg.

hyper-amplitude-tension), an above-threshold pulse pressure, an odd timing of the blood pressure but not of the heart rate rhythm and a deficient heart rate variability. These conditions, assessed by monitoring along the scale of a week, are associated with risks of ischemic stroke, myocardial infarction or nephropathy greater than the risk associated with a high blood pressure (Figure 3) [4] (Yet-to-be-recognized alterations of now-documented cycles of the length of a week, a year or decades, or of other mapped spectral components of intermediate lengths, are also documented to have signatures in human pathology, Figure 4 [4], their relatively small amplitude notwithstanding.)

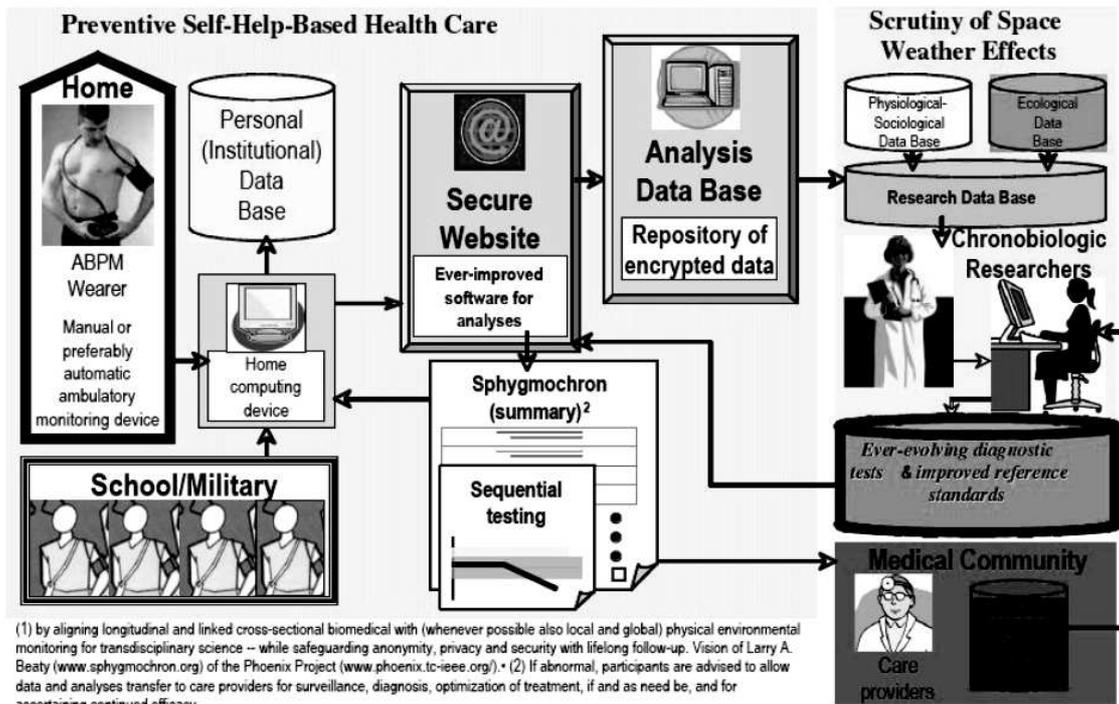
2) VVA-associated risks are also great in the absence of a high blood pressure [13; cf. 14,15].

3) Often these VVA-risks can be treated, sometimes by an intervention as simple as changing only the timing of treatment [13].

4) VVA-risks can be detected by comparing a given time series' variability structure with that of infradian-circadian reference standards obtained from presumably clinically healthy peers matched by age and gender. Day, night- and 24-hour mean values and their ratios constitute, not invariably [16], pertinent information. Sometimes the standard deviation discriminates better than the circadian amplitude, as in the case of a circadian-circaseptan deficiency in heart rate variability [13; cf. 4]; a chronomic combination of parametric and non-parametric endpoints is most useful for dealing with VVAs and also with hypertension on [9, 12, 13].

**CHALLENGES FROM "60 YEARS OF TRANSLATIONAL CHRONOBIOLOGY"**

Preventive and curative health care can yield the dividend of biomedical monitoring of space weather by time-structural analyses of ambulatory blood pressure and heart rate series <sup>1</sup>



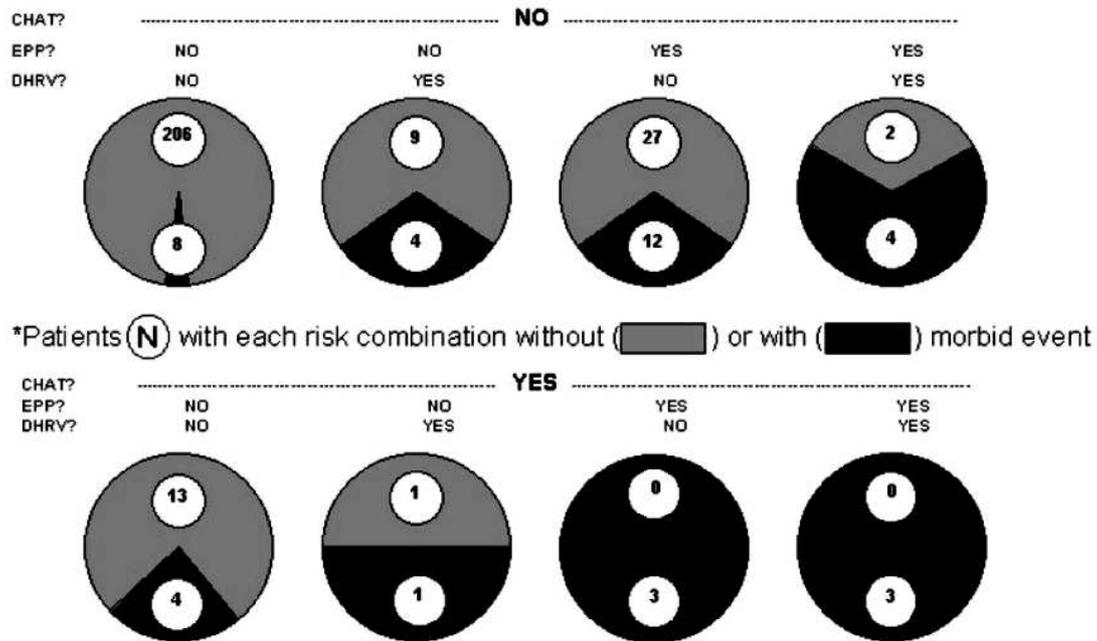
Modified from Figure 1 (Phoenix Architecture) in Adams C. Privacy requirements for low-cost chronomedical systems. Int Conf on the Frontiers of Biomedical Science: Chronobiology, Chengdu, China, September 24-26, 2006, p. 64-69.

**Fig. 2.** The Phoenix Group of volunteering electrical and electronic engineers from the Twin Cities chapter of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (<http://www.phoenix.tcieee.org>) is planning on developing an inexpensive, cuffless automatic monitor of blood pressure and on implementing the concept of a website ([www.sphygmochron.org](http://www.sphygmochron.org)), described in the Appendix. © Halberg.

In exchange for a copy of the data and a promise of follow-up, as a minimum, with a yearly note on health status (and, as an optimum, by added data at intervals dependent upon results of monitoring for a lifetime):

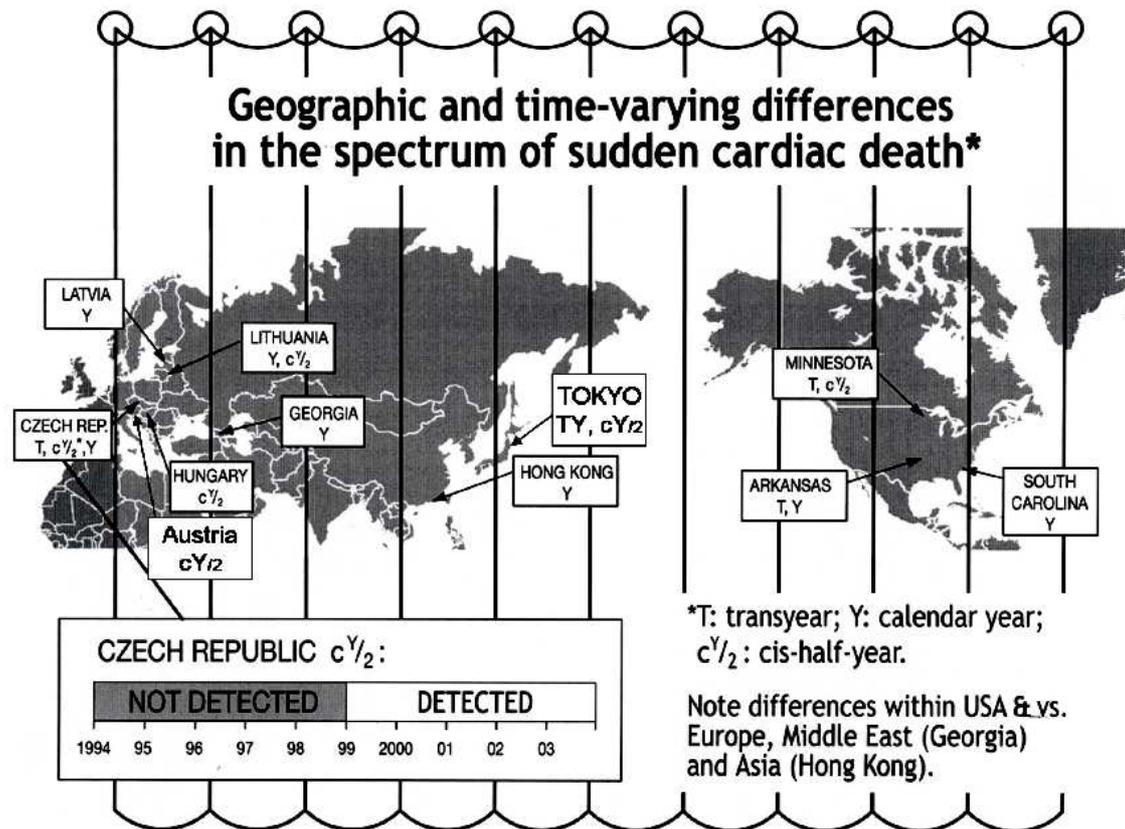
- 5) Analyses are done free of charge at BIOCOS on data sent to [corne001@umn.edu](mailto:corne001@umn.edu).
- 6) BIOCOS provides an opportunity to purchase automatic blood pressure and heart rate monitors for ambulatory use with an 80% reduction in cost of acquisition.
- 7) Soon a website will be freely available for all comers for such analyses, to lead to a chronomic diagnosis of risk elevation and its timely treatment, so that eventually the reference data base can be improved and new harbingers can be added to a refined diagnosis of elevated risk.
- 8) BIOCOS is already analyzing data sets with outcomes of hard events and/or proxy outcomes to compare the use of chronomic methods with that of conventional ones [16], and invites the submittal of data sets for more comparisons, notably on projects already completed that were government-supported.

**Decreased Heart Rate Variability (DHRV), Circadian Hyper-Amplitude-Tension (CHAT) and Elevated Pulse Pressure (EPP) are Separate Cardiovascular Disease Risks\***



\*Results from 6-year prospective study on 297 (adding all Ns) patients classified by 3 risks (8 circles), supported by findings on total of 2,807 subjects for total of over 160,769 sets of blood pressure and heart rate measurements. Data from K Otsuka.

**Fig. 3.** Vascular variability disorders (VVAs): Circadian overswing or circadian hyperamplitude-tension (CHAT), decreased heart rate (HR) variability (HRV), an elevated pulse pressure (EPP) and an odd timing of the circadian rhythm of blood pressure (BP) (but not of HR, i.e., circadian ecpasia, not shown) are separate cardiovascular disease risks. CHAT is one of several conditions related to variability in the circulation that is associated with an increase in vascular disease risk. The circadian (or preferably circaseptan profile) with too large a pulse pressure (the difference between systolic [S] BP and diastolic [D] BP, i.e., between the heart's contraction or relaxation, or the extent of change in pressure during a cardiac cycle) and a decreased HR variability (gauged by the standard deviation of HR) in relation to a threshold, eventually derived from gender and age-matched peers, among other risk conditions (as is an abnormal circadian timing of BP but not of HR, not shown) that separates this condition from a phase shift during shift-work that may involve HR as well. Vascular disease risk is elevated in the presence of any one of these risk factors, and is elevated further when more than a single risk factor is present, suggesting that these abnormalities in variability of BP and HR are mostly independent and additive features of a premetabolic syndrome. Abnormalities in the variability of BP and HR, impossible to find in a conventional office visit (the latter aiming at the fiction of a "true" BP), can raise cardiovascular disease risk (gauged by the occurrence of a morbid event like a stroke in the next six years) from 4% to 100%. By comparison to subjects with acceptable BP and HR variability, the relative cardiovascular disease risk associated with a decreased heart rate variability (DHRV), an elevated pulse pressure (EPP) and/or circadian hyper-amplitude-tension (CHAT) is greatly and statistically significantly increased. Some of these risks, silent to the person involved and to the care provider, notably the risk of CHAT, can be reversed by chronobiologic self-help, also with a non-pharmacologic approach in the absence of an elevated BP (MESOR-hypertension). © Halberg.



**Fig. 4.** In Minnesota and Tokyo, the incidence pattern of sudden cardiac death reveals about (~) 5- and ~15-month patterns. A curtain of uncertainty, because of limited available data, hides any time- and geographic (geomagnetic or dip-magnetic) site-specificity of various spectral aspects of sudden cardiac death in many other locations, with some exceptions. Thus, as compared to a transyear of about 15 months in Minnesota and in Tokyo, with a cis-half-year of about 5 months (cY/2), but no calendar year, we find both a calendar year and a transyear in Arkansas and in the Czech Republic. At the latter site a cis-half-year is detected after but not before 1999. A cishalfyear is also found in Hungary and Austria and corresponds in length to an average period of hard solar flares. Some other sites have only a calendar-year pattern. A winter peak is not surprising and has also been found in Minnesota, before cardiac arrest in association with a myocardial infarction was removed from the classification of sudden cardiac death by the 10<sup>th</sup> revision of the International Classification of Diseases (ICD10), on which this figure is based. The challenge is to detect mechanisms (magnetoperiodisms) that can override any effect of Minnesota's harsh winters, also in some mental and other body functions, and even in elderly human circulation.  
© Halberg.

CHRONORADIOTHERAPY (Rx)

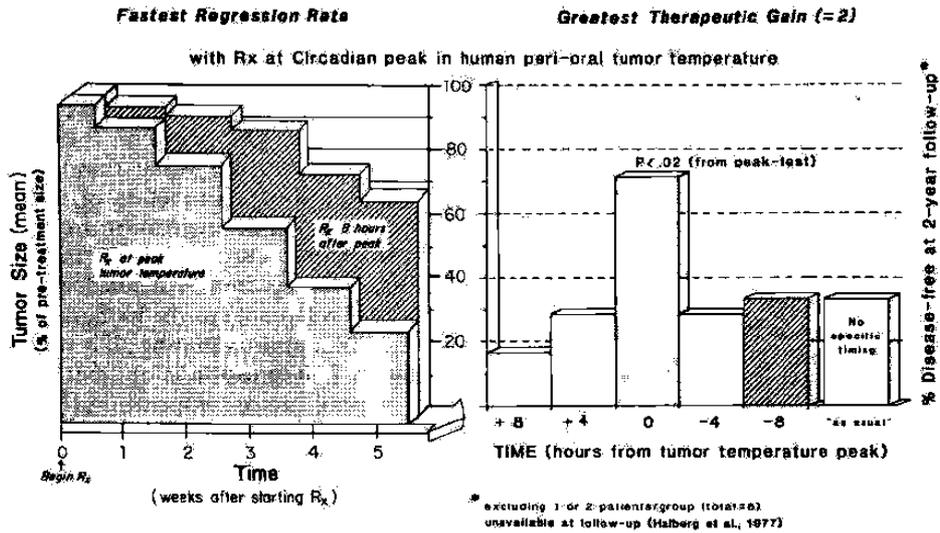


Fig. 5. Strikingly different results of radiation treatment at the peak of tumor temperature: doubling of the 2-year disease-free survival rate, as compared to treatment as usual or to treatment 4 or 8 hours before or after peak tumor temperature. © Halberg.

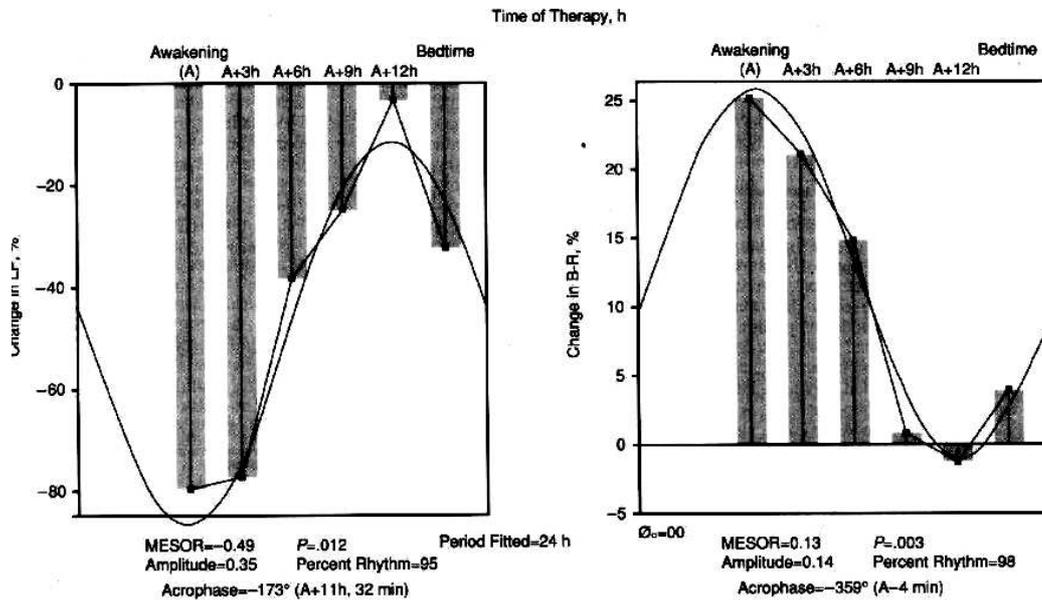


Fig. 6. Anti-clotting effect of aspirin gauged by lipoperoxides (LPs) in platelet-rich plasma and lymphocyte-adrenergic receptors (B-Rs) may be predictably present or absent as a function of timing (present after awakening, absent at bedtime). Changes are expressed as a percentage of overall pretreatment average). © Halberg.

## **CHALLENGES FROM "60 YEARS OF TRANSLATIONAL CHRONOBIOLOGY"**

---

9) At least one VVA, blood pressure overswing, is now documented to occur worldwide and to represent a risk greater than hypertension [12-15]. CHAT constitutes a gauge of both prehypertension [9, 12, 17] and prediabetes (18) and should be treated as part of a premetabolic syndrome [19].

10) Benefit from looking for a vascular variability syndrome (VVS) could be immediately available on a broad scale if the public, including preferably the health care profession and its teachers (read, among others, physiologists) can be made to review and act on the available evidence.

### **III. Cancer therapy**

1) Timed cancer treatment by radiation (guided by the peak in perioral tumor temperature as marker) doubled 2-year disease-free survival rate -- as compared to treatment as usual, not timed, or to treatment at times 4 or 8 hours before or after peak tumor temperature [20], Figure 5.

2) Cancer chemotherapy. A patient with a 10% chance of survival in 2 years (with this prognosis, at the start of triangulated, several marker rhythms-guided timed chemotherapy) is alive and well 30 years later [21]. Again, a very poor prognosis notwithstanding, cancer-marker-guided chronochemotherapy has added years to another patient's life span, according to the founder of the specialty of oncology [22]. There are limitations: Kits for specific cancer markers are costly and any marker-rhythm-guided treatment is viewed as complex, cumbersome research while time-of-day specified therapy may fail [23].

### **IV. Drug and instrumentation development**

Under highly standardized conditions, but not invariably, studies with one subject per timepoint, each treated at one of 5 or 6 equidistant timepoints (N-of-5 and N-of-6) covering a rhythm's period, e.g., 24 hours, have proved their use in testing a new ACTH-analogue (24) or low-dose aspirin [25], Figure 6. Such protocols could precede the current 3 stages of drug testing as a Phase-0 test (before Phases 1-3), preferably with groups of 5 or 6 subjects, again one per timepoint, added when needed.

To available devices for monitoring vascular or other variables and to devices yet to be developed, individualized sequential testing of all pertinent rhythm parameters could be added, thereby to pick-up harbingers of elevated risk [2, 3].

### **V. Control information, complementary to any endeavor in biomedicine and beyond**

A budding atlas serves as an introduction to chronobiology on our website [26]. Chronomics is also being mapped [27-29; cf. 30-34]. This control information serves to avoid blunders that may occur without information on rhythms that may differ in phase or also in frequency among two groups being compared, Figure 7. More information is available in publications on our website (<http://www.msi.umn.edu/~halberg/>).

### **VI. Transdisciplinary science**

New is a system of non-photic oscillations with common congruent periods in and around the biosphere. Congruence is defined by overlying or overlapping 95% confidence intervals of their periods covering a wide range of frequencies, including drifting, waxing and waning cycles of about 5 months, others shorter or longer than a year, e.g., of about 15 months length,

among others, in mental function, blood pressure and heart rate and in archival variables such as natality, morbidity and mortality. These magnetoperiodisms, coexist and compete with photoperiodism, the signature of the calendar year, in the incidence pattern of sudden cardiac death; magnetoperiodisms replace photoperiodisms in Minnesota [4; Figure 4], harsh winters notwithstanding, and can also do so in the systolic blood pressure of an elderly man, Figure 8 [4]. Some of these magnetoperiodisms are signatures of cycles found earlier by physicists at MIT in solar wind speed [35; cf. 36]. These and other non-photic signatures characterize human time estimates, mood and vigor have very low amplitudes, so that they represent more environmental information than energy, yet their importance stems from the possibility that they may reveal, in individuals, mechanisms underlying signatures of nonphotics not only in sudden cardiac death [4], but also in suicide [37], criminality and international battles [28, 38].

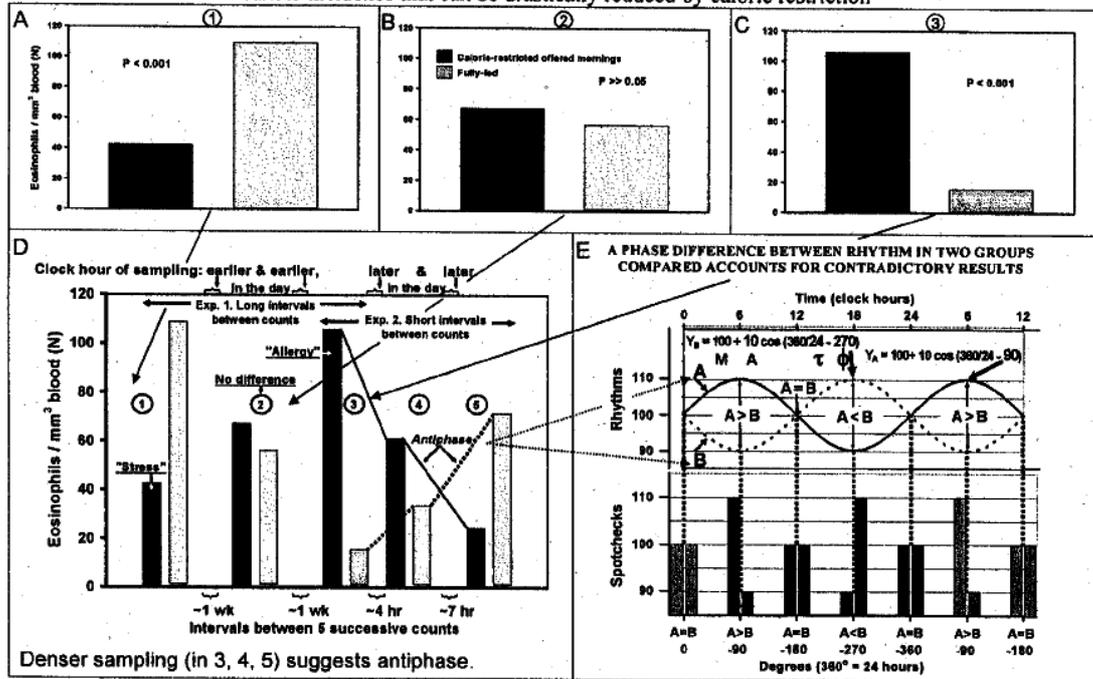
A new medical, or rather transdisciplinary specialty concerned with the ills of society could then emerge, based on longitudinal as well as transverse (cross-sectional) and hybrid (linked crosssectional) [39] physiological data aligned for analysis with those from concomitant ongoing monitoring of space weather [40] for scrutiny of any associations by superposed epochs and the effects of the subtraction and replacement of previously documented environmental spectral components on the cycles in pertinent affairs involving death in peace [4, 27, 28, 38] triggering those in war.

#### **VII. Task for today via BIOCOS and this year via a website**

Those concerned with the future of children [2, 3] could start monitoring and saving the data detecting and treating prehypertension, prediabetes and a premetabolic syndrome [9]. Those concerned about universal health care could invest into early and adult education in self-help by self-surveillance at all ages, immediately in the elderly hypertensives.

**CHALLENGES FROM "60 YEARS OF TRANSLATIONAL CHRONOBIOLOGY"**

Confusing results, that could wrongly be interpreted as "stress" or "allergy", are accounted for by the action of food (offered mornings) and light as competing synchronizers of circulating eosinophils in C<sub>3</sub>H mice with high breast cancer incidence that can be drastically reduced by caloric restriction



[www.JCircadianRhythms.com/content/pdf/1740-3391/1/2.pdf](http://www.JCircadianRhythms.com/content/pdf/1740-3391/1/2.pdf) (Halberg F. et al., 2003)

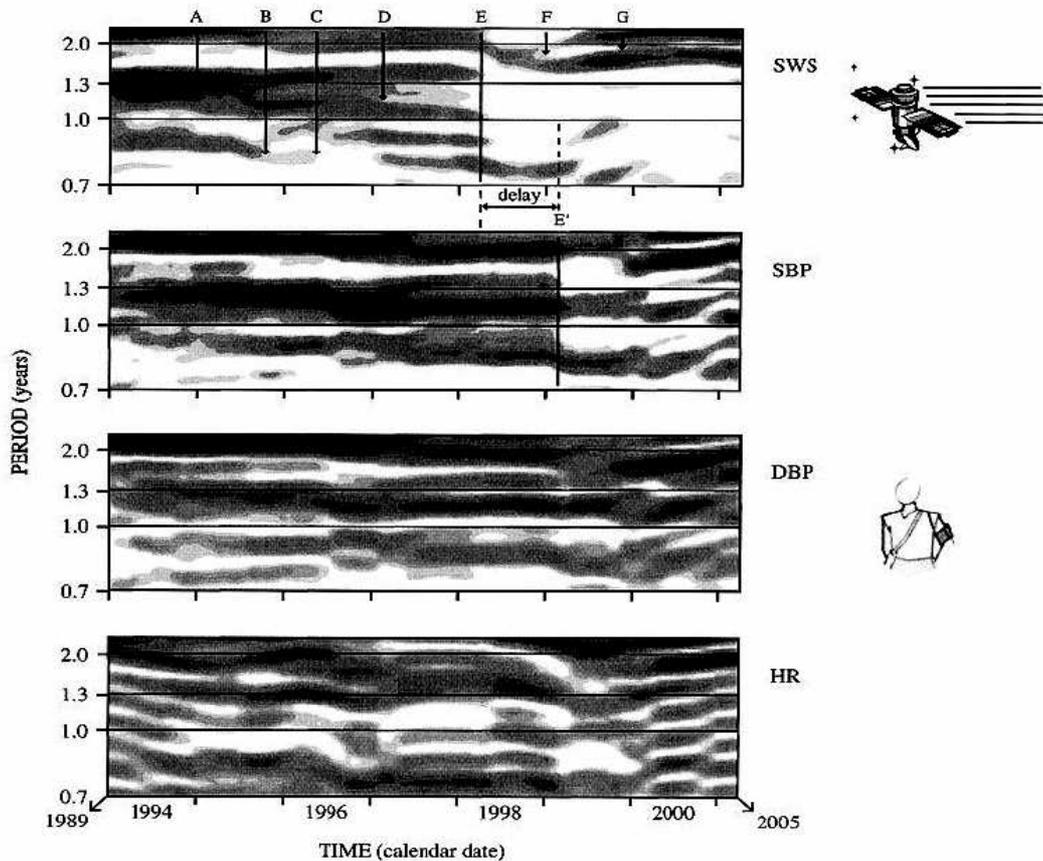
**Fig. 7.** Importance of rhythms in assessing intervention effects, illustrated in relation to stress or allergy. **A.** Eosinophil counts seem to be lowered by fasting (and/or stress), when a 50% reduction in dietary carbohydrates and fats (with proteins, vitamins, and minerals similar to control group) was fed in the morning to C3H mice (dark column). (In this model, the naturally high incidence of breast cancer is lowered by a diet reduced in calories, not shown.) The result could have been interpreted as an adrenocortical activation and then assessed by eosinophil depression, with applications for treating breast cancer and for prolonging life. Steroids that depress eosinophil cell counts and perhaps mitoses could be a mechanism through which caloric restriction and ovariectomy act in greatly reducing cancer incidence. This tempting inference was never published.

**B.** In view of the importance of this finding for the etiology of cancer, results were replicated on a larger group of animals; one week later, a follow-up study with more animals started at an earlier clock-hour, yielded confusing results, showing no statistically significant difference between the two groups of mice.

**C.** After another week, another study starting at an even earlier clock-hour yielded results opposite to those in the first experiment when considered alone. These findings in C in themselves could have been interpreted as an allergic response, certainly contrary to the "stress" response in A.

**D.** Sampling at intervals of a few hours in the third study, the stages called 4 and 5, hinted at the reason for the confusion: by sampling at different clock-hours, two groups of mice were found to be characterized by a circadian rhythm with different phases. Opposite effects thus became predictable.

**E.** Abstract illustration of two circadian rhythms in antiphase. Differences in opposite direction or no effect are then anticipated from sampling at different clock-hours. © Halberg.



**Fig. 8.** Time courses of the frequency structures of the speed of the solar wind (SWS) (top) and of an elderly man's (FH) systolic and diastolic blood pressure and heart rate, SBP, DBP and HR (rows 2-4, respectively), examined by gliding spectral windows. Human systolic (S) blood pressure (BP) selectively resonates with solar wind speed (SWS) (top 2 sections). No major resonance, only minor, albeit abrupt changes in diastolic BP (DBP) or heart rate (HR) (bottom 2 sections). Rhythms in gliding spectra of SWS and SBP change in frequency (ceasing and reappearing smoothly [A] or abruptly [B, C, D]); bifurcating [D, F] and rejoining [G]); they also wax and wane in amplitude (B) (up to disappearing [C, E] and reappearing). During a nearly 16-year span there are no consistent components with a period averaging precisely 1 year in the 3 physiologic variables, possibly an effect of advancing age. While post hoc propter hoc reasoning can never be ruled out, an abrupt change in the top row in SWS is followed in the second row in SBP by the disappearance of some components, suggesting that as a first demonstration, some of FH's cis- and transyear components were driven by the SW [since they disappeared with a lag of about a transyear following the disappearance (subtraction) of the same components from the SWS spectrum at E]. The persistence of other spectral features in turn suggests endogenicity, i.e., an evolutionary acquisition of solar transyear oscillations that may reflect solar dynamics for the past billions of years, just as circadians may reflect the possibly more recent alterations of light and darkness. Blood pressure and heart rate data are from a man 70 years of age at start of around-the-clock monitoring, mostly at 30-min intervals, with interruptions for nearly 16 years (N=2418 daily averages, total ~ 55000). Gliding spectra computed with interval =8 y, resolution low in time but high in frequency, increment = 1 month, trial periods from 2.5 to 0.4 y, with harmonic increment = 0.05. Darker shading corresponds to larger amplitude. © Halberg.

**List of references**

1. Fossel M. Editor's Note (to Halberg F, Cornélissen G, Halberg J, Fink H, Chen C-H, Otsuka K, Watanabe Y, Kumagai Y, Syutkina EV, Kawasaki T, Uezono K, Zhao ZY, Schwartzkopff O. Circadian Hyper-Amplitude-Tension, CHAT: a disease risk syndrome of anti-aging medicine. *J Anti-Aging Med* 1998; 1: 239-259). *J Anti-Aging Med* 1998; 1: 239.
2. Halberg F, Cornélissen G, Carandente A, Bakken E, Young E. Chronobiologic perspectives of international health care reform for the future of children. *Chronobiologia* 1993; 20: 269-275.
3. Cornélissen G, Delmore P, Bingham C, Rutledge G, Kumagai Y, Kuwajima I, Suzuki Y, Kuramoto K, Otsuka K, Scarpelli PT, Tarquini B, Cagnoni M, Garcia L, Zaslavskaya RM, Syutkina E, Carandente F, Rapoport SI, Romanov YA, Tamura K, Bakken E, Halberg F. A response to the health care crisis: a "health start" from "womb to tomb". *Chronobiologia* 1993; 20: 277-291.
4. Halberg F, Cornélissen G, Katinas G, Tvildiani L, Gigolashvili M, Janashia K, Toba T, Revilla M, Regal P, Sothorn RB, Wendt HW, Wang ZR, Zeman M, Jozsa R, Singh RB, Mitsutake G, Chibisov SM, Lee J, Holley D, Holte JE, Sonkowsky RP, Schwartzkopff O, Delmore P, Otsuka K, Bakken EE, Czaplicki J, International BIOCOS Group. Chronobiology's progress: season's appreciations 2004-2005. Time-, frequency-, phase-, variable-, individual-, age- and site-specific chronomics. *J Applied Biomedicine* 2006; 4: 1-38. [http://www.zsf.jcu.cz/vyzkum/jab/4\\_1/halberg.pdf](http://www.zsf.jcu.cz/vyzkum/jab/4_1/halberg.pdf).
5. Pickering TG. Masked hypertension and white-coat hypertension. In: Proceedings, 59<sup>th</sup> Annual Meeting, Japan Society of Neurovegetative Research, Tokyo, November 1-3, 2006. p. 32. "For the routine diagnosis and management of hypertension, exclusive reliance on office measurement should be discouraged."
6. Janeway TC. The clinical study of blood pressure. New York: D. Appleton & Co.; 1904. 300 pp. "... *it is essential* that a record of the pressure be made at frequent intervals *at some time previous* [presumably to an examination], to establish the *normal level* and the *extent of the periodic variations*. When this is done, it may be possible to demonstrate changes of small extent, which, lacking this standard for comparison, would be considered within the limits of normal variation."
7. Bartter FC. Periodicity and medicine. In: Scheving LE, Halberg F, Pauly JE, eds. *Chronobiology*. Tokyo: Igaku Shoin Ltd.; 1974. p. 6-13. On his patient whose blood pressure was diagnosed differently by two physicians who saw him at different times of day: "By conventional standards, this patient is clearly normotensive every morning. But the blood pressure determined each day at 6 in the afternoon provides especially convincing evidence that this patient is a hypertensive. ... My plea today is that information contained in [data curves compiled under differing circumstances, such as 24 hours a day/7 days a week] become a *routine minimal amount* of information accepted for the description of a patient's blood pressure. The analysis of this information by cosinor should become a routine. It is essential that enough information be collected to allow objective characterization of a periodic phenomenon, to wit, an estimate of M [MESOR, a rhythm-adjusted mean] as given for the three statuses in this patient, an estimate of A [circadian amplitude] itself, and finally an estimate of acrophase, . In this way, a patient can be compared with himself at another time, or under another treatment, and the patient can be compared with a normal or with another patient."
8. Halberg F, Johnson EA, Nelson W, Runge W, Sothorn R. Autorhythmometry—procedures for physiologic self-measurements and their analysis. *Physiol Tchr* 1972; 1: 1-11.
9. Halberg F, Cornélissen G, Halberg J, Schwartzkopff O. Pre-hypertensive and other variabilities also await treatment. *Am J Medicine* 2007; doi:10.1016/j.amjmed.2006.02.045.
10. Stinson SM, Cornélissen G, Scarpelli PT, Halberg F. Self-measurement and ambulatory monitoring of blood pressure: a subject's chronobiological perspective. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2002; 56 (Suppl 2): 333s-338s.
11. Little J, Sanchez de la Peña S, Cornélissen G, Abramowitz P, Tuna N, Halberg F. Longitudinal chronobiologic blood pressure monitoring for assessing the need and timing of antihypertensive treatment. *Progress in Clinical and Biological Research* 1990; 341B: 601-611.
12. Cornélissen G, Delcourt A, Toussaint G, Otsuka K, Watanabe Y, Siegelova J, Fiser B, Dusek J, Homolka P, Singh RB, Kumar A, Singh RK, Sanchez S, Gonzalez C, Holley D, Sundaram B, Zhao Z, Tomlinson B, Fok B, Zeman M, Dulkova K, Halberg F. Opportunity of detecting pre-hypertension: worldwide data on blood pressure overswinging. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2005; 59 (Suppl 1): S152-S157.
13. Halberg F, Cornélissen G, International Womb-to-Tomb Chronome Initiative Group: Resolution from a meeting of the International Society for Research on Civilization Diseases and the Environment (New SIRMCE Confederation), Brussels, Belgium, March 17-18, 1995: Fairy tale or reality ? Medtronic Chronobiology Seminar #8,

- April 1995. Minneapolis: Medtronic Inc.; 1995. 12 pp. text, 18 figures. URL <http://www.msi.umn.edu/~halberg/resol.html>
14. Otsuka K, Cornélissen G, Halberg F. Predictive value of blood pressure dipping and swinging with regard to vascular disease risk. *Clinical Drug Investigation* 1996; 11: 20-31.
  15. Otsuka K, Cornélissen G, Halberg F. Circadian rhythmic fractal scaling of heart rate variability in health and coronary artery disease. *Clinical Cardiology* 1997; 20: 631-638.
  16. Cornélissen G, Halberg F, Otsuka K, Singh RB, Chen CH. Chronobiology predicts actual and proxy outcomes when dipping fails. *Hypertension* 2007; 49: 237-239. doi:10.1161/01.HYP.0000250392.51418.64.
  17. Halberg F, Cornélissen G, Wall D, Otsuka K, Halberg J, Katinas G, Watanabe Y, Halhuber M, Müller-Bohn T, Delmore P, Siegelova J, Homolka P, Fiser B, Dusek J, Sanchez de la Peña S, Maggioni C, Delyukov A, Gorgo Y, Gubin D, Carandente F, Schaffer E, Rhodus N, Borer K, Sonkowsky RP, Schwartzkopff O. Engineering and governmental challenge: 7-day/24-hour chronobiologic blood pressure and heart rate screening. *Biomedical Instrumentation & Technology* 2002; Part I, 36: 89-122; Part II, 36: 183-197.
  18. Sanchez de la Pena S, Gonzalez C, Cornélissen G, Halberg F. Blood pressure (BP), heart rate (HR) and non-insulin-dependent diabetes mellitus (NIDDM) chronobiology. Abstract S8-06, 3rd Int Congress on Cardiovascular Disease, Taipei, Taiwan, 26-28 Nov 2004. *Int J Cardiol* 2004; 97 (Suppl 2): S14.
  19. Gupta A, Greenway F, Halberg F, Cornélissen-Guillaume G. Cardiovascular disease risk is increased in pre-diabetes. 2007 Annual Scientific Meeting, NAASO: The Obesity Society, New Orleans, Louisiana, October 20-24, 2007.
  20. Halberg F, Cornélissen G, Wang ZR, Wan C, Ulmer W, Katinas G, Singh Ranjana, Singh RK, Singh Rajesh, Gupta BD, Singh RB, Kumar A, Kanabrocki E, Sothorn RB, Rao G, Bhatt MLBD, Srivastava M, Rai G, Singh S, Pati AK, Nath P, Halberg Francine, Halberg J, Schwartzkopff O, Bakken E, Shastri VK. Chronomics: circadian and circaseptan timing of radiotherapy, drugs, calories, perhaps nutraceuticals and beyond. *J Exp Therapeutics Oncol* 2003; 3: 223-260.
  21. Halberg F, Prem K, Halberg F, Norman C, Cornélissen G. Cancer Chronomics I: Origins of timed cancer treatment: early marker rhythm-guided individualized chronochemotherapy. *JExp Ther Oncol* 2006; 6: 55-61.
  22. Kennedy BJ. A lady and chronobiology. *Chronobiologia* 1993; 20: 139-144.
  23. Hrushesky W, Wood P, Levi F, Roemeling R v, Bjarnason G, Focan C, Meier K, Cornélissen G, Halberg F. A recent illustration of some essentials of circadian chronotherapy study design [letter]. *J Clin Oncol* 2004; 22: 2971-2972.
  24. Günther R, Herold M, Halberg E, Halberg F. Circadian placebo and ACTH effects on urinary cortisol in arthritics. *Peptides* 1980; 1: 387-390.
  25. Cornélissen G, Halberg F, Prikryl P, Dankova E, Siegelova J, Dusek J, International Wombto-Tomb Chronome Study Group: Prophylactic aspirin treatment: the merits of timing. *JAMA* 1991; 266: 3128-3129.
  26. Cornélissen G, Halberg F. Introduction to Chronobiology. Medtronic Chronobiology Seminar #7, April 1994, 52 pp. (Library of Congress Catalog Card #94-060580; URL <http://www.msi.umn.edu/~halberg/>)
  27. Halberg F, Cornélissen G, Otsuka K, Schwartzkopff O, Halberg J, Bakken EE. Chronomics. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2001; 55 (Suppl 1): 153s-190s.
  28. Halberg F, Cornélissen G, Schack B, Wendt HW, Minne H, Sothorn RB, Watanabe Y, Katinas G, Otsuka K, Bakken EE. Blood pressure self-surveillance for health also reflect 1.3-year Richardson solar wind variation: spin-off from chronomics. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2003; 57 (Suppl 1): 58s-76s.
  29. Otsuka K (editor). Proceedings, 1st International Symposium Workshop on Circadian Rhythms and Clinical Chronotherapy, 11 Nov 2000, Tokyo, Japan. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2001; 55 (Suppl 1): 7s-190s.
  30. Otsuka K (editor). Proceedings, 2nd International Symposium Workshop on Circadian Rhythms and Clinical Chronotherapy, 17 Nov 2001, Tokyo, Japan. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2002; 56 (Suppl 2): 231s-382s.
  31. Otsuka K (editor). Proceedings, 3rd International Symposium Workshop on Circadian Rhythms and Clinical Chronotherapy, 9 Nov 2002, Tokyo, Japan. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2003; 57 (Suppl 1): 1s-198s.
  32. Otsuka K (editor). Proceedings, 4th International Symposium Workshop on Circadian Rhythms and Clinical Chronotherapy, 8 Nov 2003, Tokyo, Japan. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2004; 58 (Suppl 1): S1-S188.
  33. Otsuka K (editor). Proceedings, 5th International Symposium Workshop on Circadian Rhythms and Clinical Chronotherapy, 6 Nov 2004, Tokyo, Japan. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2005; 59 (Suppl 1): S1-S261.
  34. Otsuka K, Cornélissen G, Halberg F (eds). *Chronocardiology and Chronomedicine: Humans in Time and Cosmos*. Tokyo: Life Science Publishing; 1993. 147 pp.

## **CHALLENGES FROM "60 YEARS OF TRANSLATIONAL CHRONOBIOLOGY"**

---

35. Richardson JD, Paularena KI, Belcher JW, Lazarus AJ. Solar wind oscillations with a 1.3-year period. *Geophys Res Lett* 1994; 21: 1559-1560.
36. Prabhakaran Nayar SR. Periodicities in solar activity and their signature in the terrestrial environment. ILWS Workshop, Goa, February 19-24, 2006. 9 pp.
37. Cornélissen G, Halberg F. Chronomics of suicides and the solar wind. *Br J Psychiatry* 2006; 189: 567-568. [Reply to Salib E, Cortina-Borja M. Effect of month of birth on the risk of suicide. *Br J Psychiatry* 2006; 188: 416-422.]
38. Halberg F, Cornélissen G, Regal P, Otsuka K, Wang ZR, Katinas GS, Siegelova J, Homolka P, Prikryl P, Chibisov SM, Holley DC, Wendt RW, Bingham C, Palm SL, Sonkowsky RP, Sothorn RB, Pales E, Mikulecky M, Tarquini R, Perfetto F, Salti R, Maggioni C, Jozsa R, Konradov AA, Kharlitskaya EV, Revilla M, Wan CM, Herold M, Syutkina EV, Masalov AV, Faraone P, Singh RB, Singh RK, Kumar A, Singh R, Sundaram S, Sarabandi T, Pantaleoni GC, Watanabe Y, Kumagai Y, Gubin D, Uezono K, Olah A, Borer K, Kanabrocki EA, Bathina S, Haus E, Hillman D, Schwartzkopff O, Bakken EE, Zeman M. Chronoastrobiology: proposal, nine conferences, heliogeomagnetism, transyears, near-weeks, near-decades, phylogenetic and ontogenetic memories. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2004; 58 (Suppl 1): S150-S187.
39. Halberg F, Nelson W, Runge WJ, Schmitt OH, Pitts GC, Tremor J, Reynolds OE. Plans for orbital study of rat biorhythms. Results of interest beyond the Biosatellite program. *Space Life Sci* 1971; 2: 437-471.
40. Halberg F, Cornélissen G, Schwartzkopff O, Bakken EE. Cycles in the biosphere in the service of solar-terrestrial physics? In: Schroeder W, ed. Case studies in physics and geophysics. Bremen: Wilfried Schroeder/Science Edition, 2006, p. 39-87. [Beiträge zur Geophysik und Kosmischen Physik/Journal for the History of Geophysics and Cosmical Physics, Special issue, 2006/2. ISSN 1615-2824]

## **APPENDIX**

*by Larry A. Beaty*

### **Future direction: web-enabled software**

As hardware and software technologies advance, we expect to see improvements in the convenience, cost, sensitivity of sensors, and network connectivity of blood pressure monitors that will affect how 7-day/24-hour monitoring, or preferably surveillance for much longer, is done. Making use of the analysis software available to home users interested in self-help-based, preventive health care is the subject of a recently-started website and software project, operating under the project name "sphygmochron.org" (where a summary of around-the-clock and along-the-week blood pressure and heart rate dynamics is dubbed a "sphygmochron").

We visualize, and are beginning implementation of, a website that could serve the multiple purposes of 1) persuading subjects for life-long self-help in surveilled health care by providing analyses that detect risk or disease, and guide treatment, and 2) continuing research on improving reference standards and refining the procedures that now detect treatable conditions with risks greater than hypertension. This website implements user scenarios along the lines of those documented in (1).

Specific components of the website design address:

- making the sphygmochron analysis available to home users, and their health care providers,
- making blood pressure data from home users available to researchers, updating the analysis software with the results of new research as time progresses,
- providing a library of educational materials for home users and health care providers,

- building a community of self-helping users consisting of those engaged in preventive health care as well as those being treated by health care providers.

The website would contribute advanced transdisciplinary basic biological as well as medical research data bases, with the biological data base aiming at a clarification of biological associations of solar and terrestrial effects in human physiology. The medical data base would serve to gradually improve the service rendered by the website to self-care recipients by a refinement of the reference standards and of the harbingers of elevated risk of severe disease. A series of updates to the existing sphygmochron software and additional analysis programs is planned for use by those who repeat monitoring sessions (annually, on some other schedule, or as warranted by analysis). To support users retrieving data directly from blood pressure monitors, the website will accept files as produced by many commercially-available devices and manufacturer-supplied analysis software.

The user of the website must be computer-literate, but can perform analyses for multiple people, including those who need help with tasks involving computers. The first major scenario to be supported includes a family member accessing the website for his spouse, children, aged parents, people with disabilities, or others who fall within the member's guardianship. The second scenario is for health care professionals or their staff members to log in and submit data for patients.

In the near term, the website supports running the sphygmochron analysis. In the long term, comparative analysis programs currently used at the Halberg Chronobiology Center at the University of Minnesota can also be run (2). The comparative analysis programs need two or more files of blood pressure data taken at different times in the person's life, or preferably a more or less continuous record, such as that taken by hypertensive opinion leaders from the time of diagnosis to their life's end. For instance, a former head of the then Hypertension/Endocrinology section of the U.S. National Institutes of Health who thereafter became director of that institution's Clinical Center believed that when hypertension is involved, one should not "fly blind" (3) (without continued surveillance by monitoring) (4).

A small, well-focused library of materials related to sphygmochron analysis, heart and blood vessel physiology, cardiac diseases, and treatments will be kept on the website. The library will contain sections for different types of users, including children, high school and college students, adult home users, and medical and health care students and professionals. The most important section might be the one for adult home users. It supports the desires of users with different backgrounds and levels of education to:

- learn advanced interpretation of sphygmochron reports, and
- research medical conditions, diseases, and treatments beyond the level of
- everyday "household" words.

To support building a community of self-helped home users interested in preventive and curative health care, a popular web mechanism currently employed by some internet users in self-help or self-directed educational situations is "forum" software, which lets users communicate with each other via leaving publicly available messages directly on the website. The envisioned website will have such forums available early in its lifetime. The concept of community-building on the internet still seems to be undergoing considerable change; we expect to watch for new trends in this area and adapt the website accordingly to accommodate desires of the users.

## **CHALLENGES FROM "60 YEARS OF TRANSLATIONAL CHRONOBIOLOGY"**

---

The website will make available information about obtaining a blood pressure monitor for ambulatory use (often called an Ambulatory Blood Pressure Monitor, ABPM), since many home users, especially those interested in the self-help style of medical care, might not know how to obtain ABPMs at reasonable cost, and will have questions about ABPM quality, testing and calibration, data off-loading software, and the logistics of wearing an ABPM around the clock for a week or longer. A common question will be along the lines of "This is different from current practice. How can this information help me, and how can my doctor use it?" We plan to encourage home users to monitor themselves for longer and longer time spans to get more and more basic and applied information from the analyses available on the website.

ABPMs of varying quality and robustness are available and will be documented:

- professional models costing a few thousand dollars
- discounted professional models available to BIOCOS project participants
- home ABPM kits or projects for hobbyists

As additional models and categories of ABPMs become available over the next few years, the website will be updated with descriptions and other appropriate information, to help its users capitalize on those improvements in the convenience, cost, sensitivity of sensors, and connectivity of blood pressure monitors that will affect how 7-day/24-hour monitoring, or preferably much longer surveillance, analyzed as one goes, is done.

By 1880, Ignaz Zadek (5) had sufficient data to allow the demonstration in a metaanalysis of about-24-hour and about-7-day changes in blood pressure. By 1904, Janeway at Johns Hopkins Hospital insisted, before seeing a patient, on having enough data to evaluate periodic variations (note: variations is plural) (6). He could do so on the basis of Zadek's record. In 2007, signatures of both the about-10.5-year Schwabe cycle and 21-year Hale cycle are demonstrated in the human circulation (7), along with many other nonphotic cycles, probably magnetoperiodisms, some of which also have signatures in sudden cardiac death, an association speaking for their importance.

Assessment of these different periodicities in long populations' and individual's records will be a dividend in basic science and space weather monitoring from self-help in health care that continuously assesses variability. This longitudinal surveillance could start for many hypertensives at the time of a chronomic diagnosis (8,9) of abnormality to the time of life's end. The benefit for the individual involved would be a reduction in the number of episodes of variability disorders, by their prompt detection and treatment (while otherwise an anti-hypertensive treatment might constitute the trade of a lesser risk such as hypertension for greater risk such as a circadian blood pressure overswing). Control of a silent disease (hypertension) without bringing about a yet greater also silent risk (overswing) cannot be achieved without continuous surveillance in some cases, a critical remaining research problem awaiting studies on populations.

Every person with alterations in variability of blood pressure and heart rate should continuously monitor and analyze, and thus serve his or her own health care as well as science. The website could, in combination with existing and improved blood pressure monitors, enable the public at large to determine the need for surveillance, and then implement continuous monitoring, individual-by-individual.

### List of references

1. Adams C. Privacy requirements for low-cost chronomedical systems. International Conference on the Frontiers of Biomedical Science: Chronobiology, Chengdu, China, September 24-26, 2006, p. 64-69.
2. Cornélissen G, Halberg F, Hawkins D, Otsuka K, Henke W. Individual assessment of antihypertensive response by self-starting cumulative sums. *J Medical Engineering & Technology* 1997; 21: 111-120.
3. Halberg F, Cornélissen G, Halberg J, Fink H, Chen C-H, Otsuka K, Watanabe Y, Kumagai Y, Syutkina EV, Kawasaki T, Uezono K, Zhao ZY, Schwartzkopff O. Circadian Hyper-Amplitude-Tension, CHAT: a disease risk syndrome of anti-aging medicine. *J Anti-Aging Med* 1998; 1: 239-259. (Editor's Note by Fossel M, p. 239.)
4. Bartter FC. Periodicity and medicine. In: Scheving LE, Halberg F, Pauly JE, eds. *Chronobiology*. Tokyo: Igaku Shoin Ltd.; 1974. p. 6-13. On his patient whose blood pressure was diagnosed differently by two physicians who saw him at different times of day: "By conventional standards, this patient is clearly normotensive every morning. But the blood pressure determined each day at 6 in the afternoon provides especially convincing evidence that this patient is a hypertensive. ... My plea today is that information contained in [data curves compiled under differing circumstances, such as 24 hours a day/7 days a week] become a routine minimal amount of information accepted for the description of a patient's blood pressure. The analysis of this information by cosinor should become a routine. It is essential that enough information be collected to allow objective characterization of a periodic phenomenon, to wit, an estimate of M [MESOR, a rhythm-adjusted mean] as given for the three statuses in this patient, an estimate of A [circadian amplitude] itself, and finally an estimate of acrophase, . In this way, a patient can be compared with himself at another time, or under another treatment, and the patient can be compared with a normal or with another patient."
5. Zadek I. Die Messung des Blutdrucks am Menschen mittelst des Basch'chen Apparates. Berlin, med. F., Diss., 25. Nov 1880. Berlin: Schumacher; 1880. 48 p.
6. Janeway TC. The clinical study of blood pressure. New York: D. Appleton & Co.; 1904. 300 pp. "... it is essential that a record of the pressure be made at frequent intervals at some time previous [presumably to an examination], to establish the normal level and the extent of the periodic variations. When this is done, it may be possible to demonstrate changes of small extent, which, lacking this standard for comparison, would be considered within the limits of normal variation."
7. Halberg F, Cornélissen G, Katinas G, Chibisov S, Holley D, Czaplicki J, Otsuka K, Wang ZR, Bakken EE. Cycles in the biosphere in the service of solar-terrestrial physics and vice versa. Proceedings, International Conference on the Frontiers of Biomedical Science: Chronobiology, Chengdu, China, September 24-26, 2006, p. 36-39.
8. Halberg F, Cornélissen G, International Womb-to-Tomb Chronome Initiative Group: Resolution from a meeting of the International Society for Research on Civilization Diseases and the Environment (New SIRMCE Confederation), Brussels, Belgium, March 17-18, 1995: Fairy tale or reality ? Medtronic Chronobiology Seminar #8, April 1995, 12 pp. text, 18 figures. URL <http://www.msi.umn.edu/~halberg/>
9. Cornélissen G, Halberg F, Otsuka K, Singh RB, Chen CH. Chronobiology predicts actual and proxy outcomes when dipping fails. *Hypertension* 2007; 49: 237-239. doi:10.1161/01.HYP.0000250392.51418.64.

УДК 577.3

## ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКУ РІЗНИХ РЕЖИМІВ НА СПЕКТРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКТОМІОЗИНУ

*Нурищенко Н.Є., Омелянюк В.С., Мірошниченко М.С.,  
Обора Н.І., Мединська К.О.*

Вивчено вплив неперервного та імпульсного ультразвуку різних інтенсивностей на спектральні характеристики актоміозину скелетних м'язів. Встановлено, що під впливом УЗ терапевтичного діапазону відбуваються невеликі зсуви максимуму спектру флуоресценції актоміозину в короткохвильову область. Це можна пояснити конформаційними перебудовами актоміозину, що призводить до зміни мікрооточення триптофанових залишків, які, головним чином, відповідають за спектр флуоресценції актоміозину. Найбільші зміни відбувались при озвученні неперервним УЗ і імпульсним УЗ 2 мс.

**Ключові слова:** імпульсний ультразвук, актоміозин, флуоресценція.

### ВСТУП

Ультразвук (УЗ), як неінвазійний фізіотерапевтичний фактор, використовується в медицині вже декілька десятиліть. УЗ застосовують для діагностики і лікування широкого спектру захворювань [1]. Серед робіт, присвячених впливу УЗ на органи і тканини, найбільший інтерес представляє вивчення дії терапевтичних інтенсивностей цього фактору [2,3]. Результати таких досліджень свідчать про багатосторонній вплив УЗ, який проявляється на органному, клітинному, субклітинному і молекулярному рівнях [4-6]. Незважаючи на велику кількість матеріалу, який відображає зміни характеру біологічних процесів під впливом УЗ різних параметрів, дані про механізм дії цього фізичного фактору неоднозначні, а часто суперечливі. Показано, що озвучення впливає і на процес скорочення м'язів, що проявляється в зниженні спазму, покращенні розтягування колагенових волокон. Терапевтичні ультразвукові коливання регулюють тонус м'язів, викликають рефлексорне розширення судин, посилення капілярного кровозабезпечення. В ряді робіт вказано на позитивну іонотропну дію на серцевий м'яз біляпорогових інтенсивностей. Однак механізми такого впливу ультразвуку на м'язову тканину не встановлені [7].

Як відомо, актоміозин є головним компонентом скоротливої системи м'язів і є зручною моделлю для вивчення механізму м'язового скорочення [8,9].

Зважаючи на вищенаведене, метою роботи було вивчення впливу неперервного та імпульсного ультразвуку різних інтенсивностей на структурні показники актоміозину скелетних м'язів.

### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Велика складність білкових молекул вимагає застосування різноманітних біофізичних підходів при дослідженні їх структури і функції. Важливе місце серед цих підходів займають люмінесцентні методи. Білки мають власну люмінесценцію завдяки триптофановим, тирозиновим і фенілаланіновим залишкам. При наявності в білку триптофанілів його люмінесцентні властивості в основному визначаються цим

хромофором. Параметри триптофаної люмінесценції білків (максимум спектра, напівширина спектра, квантовий вихід, час життя збудженого стану) залежать від умов мікрооточення хромофорів в спектрі білкової молекули. Через розмитість максимумів на спектрах триптофаної флуоресценції можна надійно реєструвати тільки спектральні зсуви більше 1-2 нм. Розроблена у відділі біофізики НДІ фізіології Київського національного університету імені Тараса Шевченка флуоресцентна установка [10], дозволяє реєструвати спектральні зсуви до 0,2-0,5 нм. Для цього використовується відношення інтенсивностей при двох фіксованих довжинах хвиль (параметр  $V=I_{\lambda_1}/I_{\lambda_2}$ , де  $\lambda_1=320$  нм і  $\lambda_2=370$  нм), на прямолінійних схилах спектра флуоресценції. Довжина хвилі збудження дорівнювала 297 нм, при цьому збуджуються тільки триптофанові хромофори білку.

При достатній тривалості часу ділення двох сигналів (2-3 хв) установка дозволяє достовірно зареєструвати перебудову конформації білкової молекули, що супроводжується зміною параметра  $V$  на 0,005, що відповідає спектральному зсуву  $\sim 0,05$  нм.

Дослідження проводили на актоміозині скелетних м'язів кроля. Виділення актоміозину проводили за методикою Перрі описаною в роботі Тартаковського [11] з модифікаціями розробленими у відділі біофізики НДІ фізіології.

Для визначення впливу ультразвуку на спектральні характеристики білка зразки актоміозину з концентрацією 0,5 мг/мл озвучували протягом 5 хвилин. Через 2 хвилини після впливу ультразвуку проводили визначення параметру  $V$ .

Озвучення актоміозину скоротливих м'язів кроля проводили УЗ-приладом (УЗТ-3.04 С) з частотою ультразвукового сигналу 0,88 МГц. Використовували наступні режими ультразвукового впливу:

- 1) неперервний з інтенсивностями 0,2, 0,4, 0,7, 1,0 Вт/см<sup>2</sup>
- 2) імпульсний 2 мс з інтенсивностями 0,2, 0,4, 0,7 і 1,0 Вт/см<sup>2</sup>
- 3) імпульсний 4 мс з інтенсивностями 0,2, 0,4, 0,7 і 1,0 Вт/см<sup>2</sup>
- 4) імпульсний 10 мс з інтенсивностями 0,2, 0,4, 0,7 і 1,0 Вт/см<sup>2</sup>

Аналіз даних проводили з використанням аналітичних програмних продуктів Origin 7.5 (MicroCal Software). Експериментальні точки подані на графіках як усереднені значення п'яти вимірів  $\pm$  стандартна похибка середнього. Статистична вірогідність результатів визначалась за критерієм Стюдента ( $p < 0,01$  вважалось статистично вірогідним).

## **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

Значення параметру  $V$  актоміозину скоротливих м'язів кроля за дії ультразвуку різних режимів наведено в табл.1.

На рис.1-4 представлено отримані результати зміни показника  $V$  актоміозину скоротливих м'язів кроля за умов дії ультразвуку різних режимів. Для більшої наочності всі контрольні значення були зведені до одиниці і проведена відповідна корекція отриманих результатів.

Вплив неперервного ультразвуку всіх інтенсивностей виявлявся у зниженні показника  $V$  (рис.1).

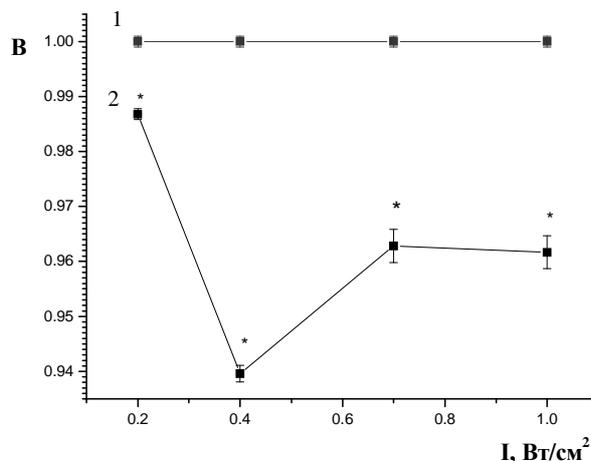
**ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКУ РІЗНИХ РЕЖИМІВ  
НА СПЕКТРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКТОМІОЗИНУ**

**Таблиця 1**

**Параметр В актоміозину скоротливого м'язу кроля при впливі ультразвуку різних інтенсивностей за присутності  $\text{Ca}^{2+}$  ( $C_{\text{Ca}^{2+}} = 1,25 \text{ мМ}$ ,  $C_{\text{білка}} = 0,5 \text{ мг/мл}$ )**

Інтенсивність, Вт/см <sup>2</sup>	Параметр В			
	Контроль УЗ неперервний	Контроль УЗ імпульси 2 мс	Контроль УЗ імпульси 4 мс	Контроль УЗ імпульси 10 мс
0,2	$\frac{0,983 \pm 0,002}{0,970 \pm 0,001^*}$	$\frac{0,991 \pm 0,003}{0,969 \pm 0,002^*}$	$\frac{0,987 \pm 0,002}{0,978 \pm 0,002^*}$	$\frac{0,982 \pm 0,002}{0,978 \pm 0,0035^*}$
0,4	$\frac{0,993 \pm 0,003}{0,933 \pm 0,0015^*}$	$\frac{0,995 \pm 0,003}{0,952 \pm 0,002^*}$	$\frac{0,994 \pm 0,002}{0,980 \pm 0,004^*}$	$\frac{0,993 \pm 0,002}{0,980 \pm 0,004^*}$
0,7	$\frac{0,995 \pm 0,002}{0,958 \pm 0,003^*}$	$\frac{0,997 \pm 0,002}{0,962 \pm 0,002^*}$	$\frac{0,990 \pm 0,002}{0,978 \pm 0,001^*}$	$\frac{0,995 \pm 0,002}{0,985 \pm 0,003^*}$
1,0	$\frac{0,992 \pm 0,003}{0,954 \pm 0,003^*}$	$\frac{0,992 \pm 0,003}{0,955 \pm 0,002^*}$	$\frac{0,993 \pm 0,001}{0,980 \pm 0,0035^*}$	$\frac{0,994 \pm 0,0015}{0,987 \pm 0,004^*}$

\*- достовірна відміна порівняно з контролем при  $p < 0,01$  (n=5)



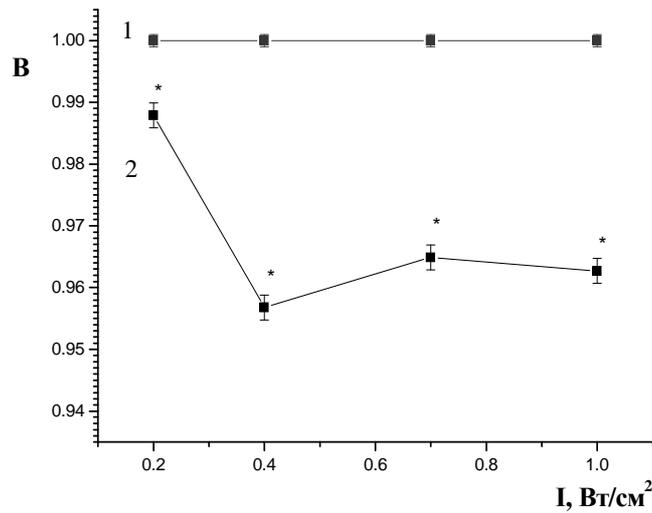
**Рис. 1.** Вплив неперервного ультразвуку різних інтенсивностей, на параметр В актоміозину скоротливих м'язів кроля. 1 – контроль. 2 - при додаванні 1,25 мМ  $\text{Ca}^{2+}$ .

\* - достовірна відміна порівняно з контролем при  $p < 0,01$

Найбільший вплив спричиняв УЗ з інтенсивністю 0,4 Вт/см<sup>2</sup>. Зменшення параметра В при цьому складало 0,06, що відповідає зміщенню максимуму спектра на 0,6 нм в короткохвильову область. Менша і майже однакова зміна параметра В (0,04) спостерігалась за дії інтенсивностей 0,7 і 1,0 Вт/см<sup>2</sup>: Найменший вплив спостерігали за дії інтенсивності 0,2 Вт/см<sup>2</sup>: параметр В зменшується на 0,02, що відповідає зміщенню максимуму спектра на 0,2 нм.

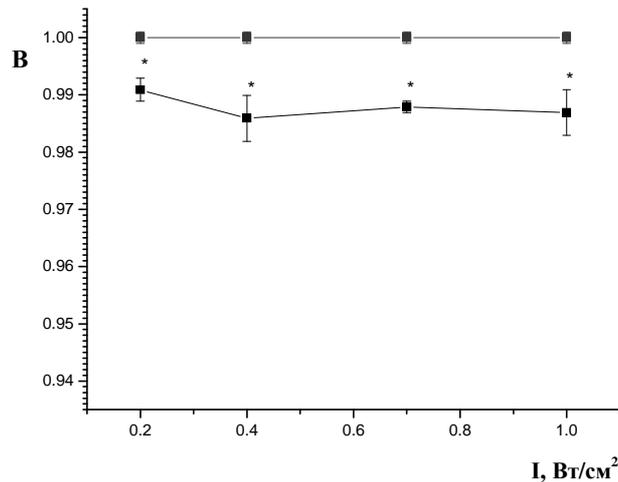
Дія імпульсного УЗ 2 мс була подібною до неперервного, але менш вираженою (рис. 2). Так за дії зазначеного режиму при інтенсивності 0,4 Вт/см<sup>2</sup> зменшення параметру В було найбільшим з імпульсних режимів і складала 0,042 (~ 0,4 нм).

Дія імпульсного УЗ 4 мс і 10 мс призводила до незначних змін параметра В (рис. 3, 4).



**Рис. 2.** Вплив імпульсного (2 мс) ультразвуку різних інтенсивностей, на параметр В актоміозину скоротливих м'язів кроля. 1 – контроль. 2 - при додаванні 1,25 мМ Ca<sup>2+</sup>.

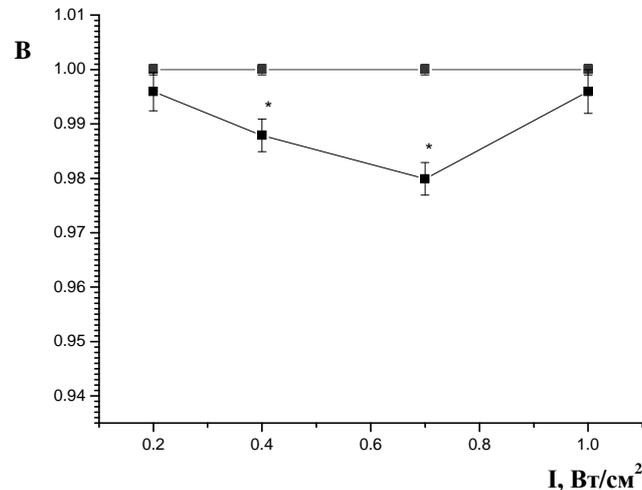
\* - достовірна відміна порівняно з контролем при  $p < 0,01$



**Рис. 3.** Вплив імпульсного (4 мс) ультразвуку різних інтенсивностей, на параметр В актоміозину скоротливих м'язів кроля. 1 – контроль. 2 - при додаванні 1,25 мМ Ca<sup>2+</sup>.

\* - достовірна відміна порівняно з контролем при  $p < 0,01$

## ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКУ РІЗНИХ РЕЖИМІВ НА СПЕКТРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКТОМІОЗИНУ



**Рис. 4.** Вплив імпульсного (10 мс) ультразвуку різних інтенсивностей, на параметр В актоміозину скоротливих м'язів кроля. 1 – контроль. 2 - при додаванні 1,25 мМ Ca<sup>2+</sup>.

\* - достовірна відміна порівняно з контролем при  $p < 0,01$

### ВИСНОВКИ

Таким чином, зареєстровані малі зміни зміщення максимуму спектру свідчать про невеликі конформаційні перебудови в структурі вивчаємого білка. Це можна пояснити зміною мікрооточення триптофанових залишків актоміозину. Найбільші зміни відбувались при озвученні неперервним УЗ і імпульсним УЗ 2 мс з інтенсивністю 0,4 Вт/см<sup>2</sup>. Треба відмітити, що в терапевтичних цілях використовують саме інтенсивності УЗ 0,2-0,4 Вт/см<sup>2</sup>.

### Список літератури

1. Bluth E.L., Arger P.H., Benson C.B., Ralls P.W., Siengel M.J. Ultrasound: a practical approach to clinical problems. – New York, Thieme, 2000.
2. Haar ter G. Therapeutic ultrasound // European J. of Ultrasound. - 1999. – N. 9. - P.3-9.
3. Baker K.G., Robertson V.J., Duck F.A. A Review of therapeutic ultrasound: Biophysical effects // Physical Therapy. - 2001. – Vol. 81, N 7. - P.1351-1358.
4. Dalecki D. Mechanical bioeffects of ultrasound // Annu.Rev. Biomed. Eng. - 2004. - № 6. - P.229-248.
5. Clarke L., Andrew E.A., Graham E. Acoustic streaming: An in vitro study // Ultrasound Med & Biol. - 2004. Vol. 30, N 4. - P.559-562.
6. Krekman F.W., Caratenaen E.L., Aldridje W.G. Macromolecular interaction in sound absorption // Interaction of Ultrasound and Biological Tissues / (Eds. J.M. Reid and M.R. Sikov) DNEW Publikation (FDA) 73-8006 BRH/DBE 73.1 - 1972. - P.37-42.
7. Barnett S.B., Rott H.D., Haar ter G., Ziskin M.C., Maeda K. The sensitivity of biological tissue to ultrasound // Ultrasound in Med & Biol. - 1997. – Vol. 23, N 6. - P. 805-812.
9. Левицкий Д.И. Структура и функции белков сократительных мышц. Л.: Наука, - 1987. – 220 с.

10. Гусев Н.Б. Структура и функции тропонина // Структура и функции белков сократительных систем. Л.: Наука, 1987. – С. 91-110.
11. Филенко А.М., Зима В.Л. Двухволновой метод регистрации малых спектральных сдвигов флуоресценции белков // Молекулярная генетика и биофизика. К.: Издательство при Киевском государственном университете издательского объединения «Вища школа», 1981. – Вып. 6. - С.126-135.
12. Тартаковский А.Д. Методы выделения и характеристика миозина и его субъединиц из поперечно-полосатых мышц // Биофизические и биохимические методы исследования мышечных белков. - Л.: Наука, 1987. - С.55 - 76.

***Нурищенко Н.Є., Омелянюк В.С., Мірошниченко Н.С., Обора Н.І., Медынская К.О. Влияние ультразвука разных режимов на спектральные характеристики актомиозина // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». - 2007. – Т. . 20 (59), № 1. – С. 123-128***

Изучено влияние непрерывного и импульсного ультразвука разных интенсивностей на спектральные характеристики актомиозина скелетных мышц. Установлено, что при действии УЗ происходят небольшие сдвиги максимума спектра флуоресценции актомиозина в коротковолновую сторону. Это можно объяснить конформационными перестройками актомиозина, которые приводят к изменению микроокружения триптофановых остатков, главным образом, ответственных за спектр флуоресценции актомиозина. Наибольшие изменения наблюдались при озвучивании непрерывным УЗ и импульсным УЗ 2 мс.

**Ключевые слова:** ультразвук, актомиозин, флуоресценция.

***Nurishchenko N., Omelyanyuk V., Miroshnychenko N., Obora N., Medynskaya K. Influence of ultrasound of sonification regimes on actomyosin spectral characteristics // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry". – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 123-128.***

Present research was intended to study the effects of continuous and impulsive ultrasound of different intensities on the spectral characteristics of actomyosin from skeletal muscles. The ultrasound of said regimens has been shown to affect the skeletal muscle actomyosin structure. Furthermore, the small shifts of maximum localizations in actomyosin fluorescence spectra towards the short wave zone has been discovered to occur. This phenomenon may be due to the conformational rearrangements of actomyosin resulting in microenvironment changes around the tryptophane residues responsible mainly for actomyosin fluorescence spectrum. The most evident shifts were recorded for sonification by continuous as well as impulsive 2 ms ultrasound regimens.

**Keywords:** ultrasound, actomyosine, fluorescence.

УДК 57.033:575.224

## **АНЕУПЛОДИЗАЦИЯ ГЕНОМА И ПОТЕРЯ ДНК РАДИАЦИОННО ПОВРЕЖДЕННЫМИ СПЕРМАТОЗОИДАМИ ЖИВОТНЫХ**

*Булавицкая В.М.*

Облучение сперматозоидов животных гамма-радиацией в диапазоне сопровождается деградацией их ядерной ДНК и анеуплодизацией генома. Явление наблюдается в диапазоне умеренных доз, а при переходе в диапазон сублетальных и летальных доз данный процесс значительно усиливался, а также сочетается со спонтанным выбросом обломков генетического материала из сперматозоидов в питательную среду. Установленный феномен приобретает важное значение в связи с наличием векторных свойств у сперматозоидов животных, базирующихся на способности захватывать чужеродную экзогенную ДНК и переносить ее в яйцеклетку при фертилизации.

**Ключевые слова:** гамма-радиация, сперматозоиды, анеуплодизация.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Поражающий эффект ионизирующей радиации на наследственный материал сперматозоидов исследован в ряде работ [1 – 4], где было показано, что рентгеновские и гамма-лучи вызывают необратимые изменения в структуре хромосом, а также обуславливают нарушение процесса развития зиготы, задержки при дроблении и мертворождение [5, 6]. Одновременно некоторым авторам удалось установить, что несмотря на полную потерю своей подвижности генетически инактивированная радиацией сперма способна индуцировать образование партеногенетических эмбрионов как гаплоидного, так и дигаплоидного происхождения [7 – 10]. Кроме того, оказалось, что партеногенез иногда сочетается с трансгенозом, в результате чего реализуется перенос отдельных генов из убитой радиацией спермы в геном новообразованных партеногенов [11].

Как известно, действие ионизирующей радиации на генетический материал клетки инициирует одноцепочечные (ОР) и двухцепочечные (ДР) разрывы в ДНК, при этом близко расположенные друг напротив друга ОР с большой вероятностью порождают ДР косоугольного типа. Именно ДР как косоугольного, так и прямого типа могут становиться точками инициации дробления хроматина сперматозоида на фрагменты, поскольку система репарации ДНК в них не функционирует [12]. Не исключено, что присутствие активных нуклеаз на поверхности головок сперматозоидов вполне может обуславливать гидролиз и деградацию ДНК по ОР [13].

В этой связи цель настоящего исследования состояла в количественном анализе изменений ядерной ДНК в крысиных сперматозоидах под действием разных доз гамма-радиации, а также установлении возможности самопроизвольного выброса генетического материала из сперматозоидов в окружающую среду.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для экспериментов были выбраны половозрелые крысы-самцы массой 250 - 300 г разводки местного вивария. Сразу же после забоя животных вырезанные эпидидимисы помещали в стеклянные бюксы в изотонический раствор натрия хлорида при комнатной температуре.

Облучение сперматозоидов проводили в эпидидимисах в пластмассовых чашках Петри с изотоническим раствором натрия хлорида на дне. Облучали гамма-лучами  $^{60}\text{Co}$  на установке «Исследователь» при мощности дозы 0,20 Гр/с различными дозами в широком дозовом диапазоне с верхним пределом в 4000 Гр. По прекращении облучения эпидидимисы переносили в новую порцию изотонического раствора хлорида натрия обратно в бюксы

Для приготовления препарата сперматозоидов использовали часовое стекло, в которое предварительно помещали 2 мл изотонического раствора натрия хлорида. Семенной придаток разрезали на часовом стекле, а его содержимое с помощью стеклянной палочки выдавливали в раствор и перемешивали в течение 30с. Полученную суспензию помещали в термостат с температурой  $37^{\circ}\text{C}$ . С целью тестирования подвижности сперматозоидов каплю приготовленной суспензии переносили на предметное стекло и просматривали под микроскопом МБИ-15 на увеличении  $\times 600$ . Для определения общей подвижности сперматозоидов наугад отбирали 150 сперматозоидов в каждой из трех повторностей от разных животных. Сперматозоиды считали подвижными, если они могли перемещаться или хотя бы совершать колебательные движения хвостом. В противном случае сперматозоиды классифицировали как потерявшие жизнеспособность.

Количественный анализ ДНК в ядрах сперматозоидов проводили цитофотометрическим методом после их окраски реактивом Шиффа по методу Фельгена в течение 2 ч при комнатной температуре после предварительной фиксации образцов в смеси Карнуа – этанол:хлороформ:уксусная кислота (6:3:1) как минимум 3 ч [14]. После этого образцы проводили через нисходящую серию спиртов (50%, 30%, 5%) вплоть до воды, споласкивали холодной 0,1н соляной кислотой (HCl), а затем гидролизировали в 1н HCl в течение 9 мин при  $60^{\circ}\text{C}$ . Отмытые в сернистых водах образцы сперматозоидов проводили через восходящую серию спиртов, смесь спирт-ксилол, ксилол, а затем заключали в бальзам “DPX” (Fluka). Спектрофотометрические измерения осуществляли на спектрофотометре МФТХ-2М (Санкт-Петербург) при длине волны в 546 нм. Специально разработанная программа позволяла с помощью сопряженного компьютера определять общую абсорбцию ядерной ДНК в сперматозоидах. В качестве контроля использовали необлученные сперматозоиды здоровых животных и лимфоциты их крови, что дало возможность определить коэффициент корреляции между плоидностью и абсорбцией ДНК.

Для количественного учета свободной экзогенной ДНК суспензию облученных сперматозоидов центрифугировали при 500 g. Супернатант переливали в отдельную колбу, а осадок ресуспендировали в 10-кратном объеме холодной 10% хлорной кислоты ( $\text{HClO}_4$ ). После повторного центрифугирования супернатант переносили в колбу, а осадок снова ресуспендировали. Промывку проводили трижды. После этого собранный супернатант анализировали на присутствие в нем свободной ДНК, для чего концентрацию  $\text{HClO}_4$  доводили до 0,5 н.

## **АНЕУПЛОДИЗАЦИЯ ГЕНОМА И ПОТЕРЯ ДНК РАДИАЦИОННО ПОВРЕЖДЕННЫМИ СПЕРМАТОЗОИДАМИ ЖИВОТНЫХ**

С целью осуществления полного гидролиза ДНК пробу нагревали на водяной бане до 70<sup>0</sup>С и выдерживали в течение 20 мин. Количественное определение присутствующей в пробе ДНК проводили в соответствии с протоколом Бартон [15], используя модифицированную реакцию Дише с дифениламином. Интенсивность окраски измеряли на спектрометре «СФ-46» (Россия) при длине волны 598 нм. Развитие окраски происходило в течение 18 ч. Для количественного определения ДНК в пробах использовали калибровочную кривую, которую строили на основании данных, полученных после гидролиза и окраски известных навесок ДНК тимуса теленка (Sigma).

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ**

Дозовая зависимость подвижности крысиных сперматозоидов представлена в табл. Как видим, сперматозоиды проявляют достаточно высокую радиорезистентность по этому критерию, поскольку некоторые сперматозоиды (~ 4%) сохраняли свою подвижность даже при дозе в 2000 Гр. Гистограммы количественного распределения сперматозоидов по уровню их плоидности в зависимости от дозы облучения представлены на рис.1.

**Таблица.**

#### **Влияние дозы гамма-радиации на подвижность облученных сперматозоидов**

<b>Доза, Гр</b>	<b>0</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>	<b>2000</b>	<b>2500</b>
<b>Подвижность, %</b>	<b>89</b>	<b>47</b>	<b>28</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>0</b>

Было установлено, что для необлученных сперматозоидов характерно присутствие выраженного пика в области значения 1n, которое соответствовало гаплоидному геному сперматозоидов. При возрастании дозы облучения наблюдалось некоторое расширение пика и его смещение в область пониженной плоидности.

Как оказалось, при дозах 5 и 100 Гр в образцах отсутствовали сперматозоиды с плоидностью меньше 0,75n. Последующий рост дозы облучения обусловил дальнейшее перемещение пика на диаграмме количественного распределения сперматозоидов в сторону значения 0,75n. При дозе в 1000 Гр отмечено заметное расслоение общей популяции сперматозоидов на несколько субпопуляций с пониженным количеством ядерной ДНК. Отмеченная тенденция усиливалась при переходе в область доз в диапазоне 2000-3000 Гр, причем при дозе в 3000 Гр уже в значительной степени преобладали сперматозоиды с величинами плоидности в интервале 0,2-0,7 n. Полученные цитометрические данные указывали на протекание деградации ДНК в ядрах сперматозоидов, которое проявляло тенденцию к усилению с ростом дозы облучения.

Кроме того, они косвенно свидетельствовали в пользу потери ядерной ДНК сперматозоидами. В этой связи были проведены количественные измерения экзогенной ДНК, которая попадает в питательный раствор во время инкубирования облученных сперматозоидов. Как видно из рис. 2, количество экзогенной ДНК находится на фоновом уровне до дозы в 500 Гр, а затем резко начинает увеличиваться с ростом дозы, достигая максимального значения при дозе в 3000 Гр.

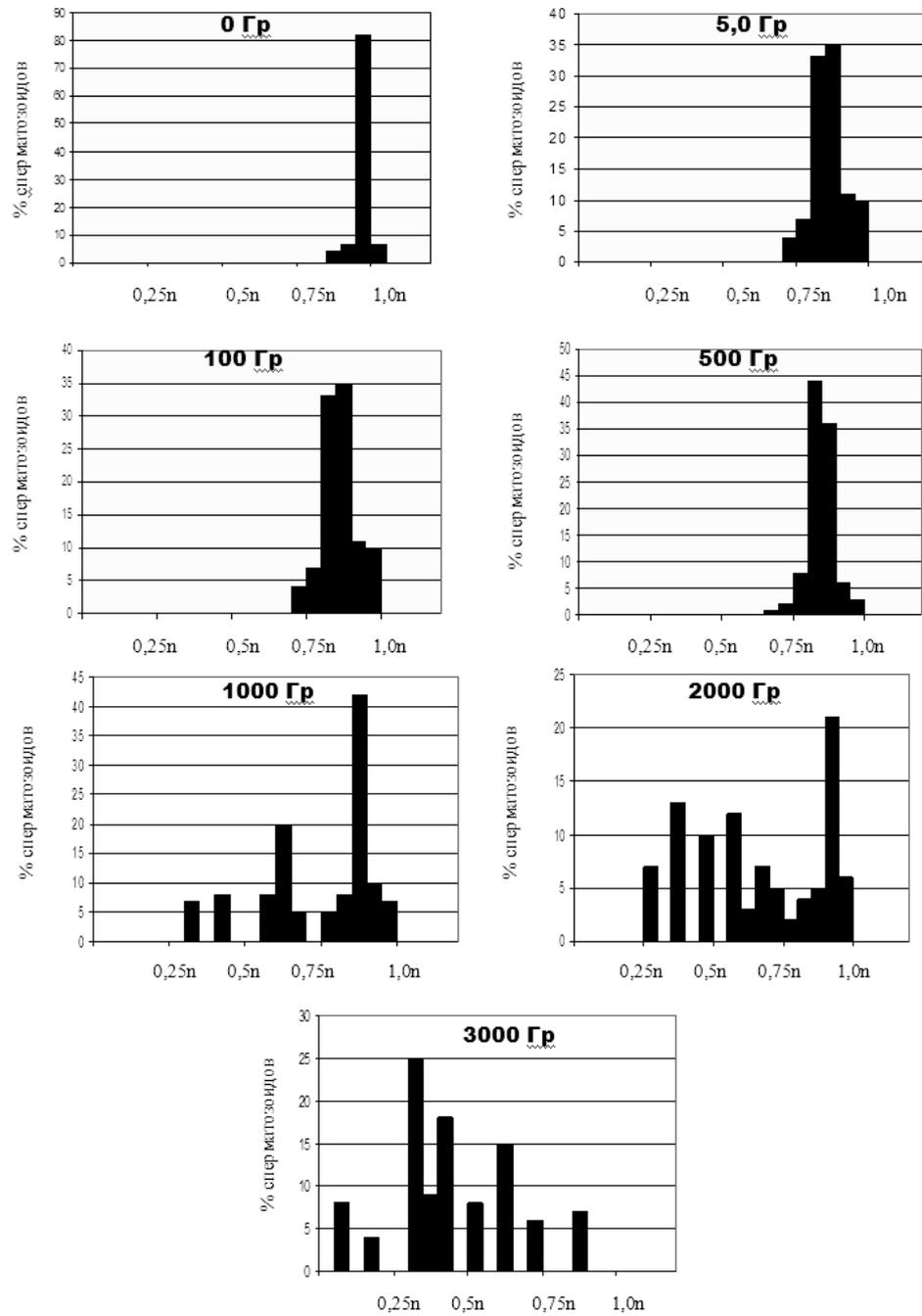
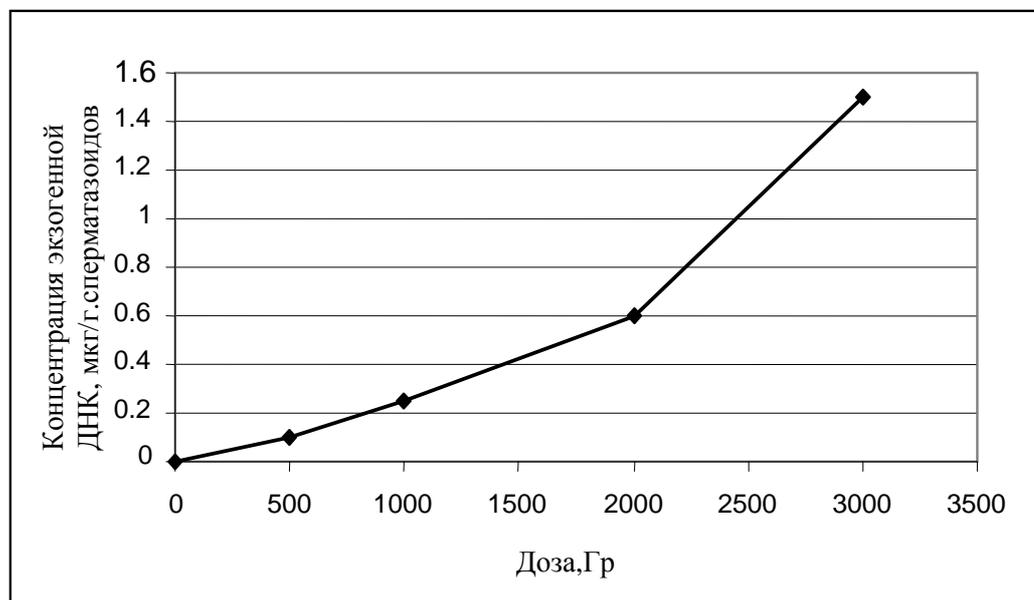


Рис. 1. Гистограммы количественного распределения сперматозоидов по уровню их плоидности.

**АНЕУПЛОДИЗАЦИЯ ГЕНОМА И ПОТЕРЯ ДНК  
РАДИАЦИОННО ПОВРЕЖДЕННЫМИ СПЕРМАТОЗОИДАМИ ЖИВОТНЫХ**

---



**Рис. 2.** Дозовая зависимость появления экзогенной ДНК в специальной жидкости.

Таким образом, при высоких дозовых нагрузках сперматозоиды, хотя и полностью теряют способность к перемещению в пространстве и осуществлению колебательных движений, но зато становятся донорами своей ядерной ДНК, фрагменты которой начинают самопроизвольно мигрировать в питательную среду.

### **ВЫВОДЫ**

Настоящими экспериментами было установлено, что плоидность сперматозоидов практически не изменяется по сравнению с контролем в диапазоне доз до 500 Гр. При 1000 Гр было отмечено расслоение популяции и появление около 48% клеток с плоидностью в диапазоне 0,25-0,75n. При 3000 Гр пик диаграммы распределения еще больше сдвигался влево, причем количество анеуплоидных сперматозоидов с плоидностью 0,25-0,50n достигало величины 51%. Кроме того, при высоких дозовых нагрузках наблюдался выброс генетического материала из облученных сперматозоидов в питательную среду, что происходило в строго выраженной зависимости от дозы облучения.

### **Список литературы**

1. Ali Ahmadi, Soon-Chey Ng. Developmental capacity of damaged spermatozoa // Human Reproduction. - 1999. - V.14. - №6. - P. 2279-2285.
2. Grant A. Haines, Jolyon H. Hendry, C. Paul Daniel. Germ cell and dose-dependent DNA damage measured by the comet assay in murine spermatozoa after testicular X-irradiation // Biology of reproduction. - 2002 - Vol. 67. - P. 854-861.

3. Russel W.L. Effect of radiation dose rate on mutation in mice's // J. Cell and Comp. physiology. - 1961. – Vol. 58. – № 3. – P. 183-187.
4. Дубинин Н.П. Общая генетика. М.: Наука, 1970. – 4897 с.
5. Нуждин И. И., Нижник Г. В. Влияние облучения сперматозоидов кроликов гамма-лучами на оплодотворение и ранние стадии развития зародышей // ДАН СССР. - 1960. – Т. 134. – № 6. – С. 1457 – 1460.
6. Bedford J., Overstreet J. A. A method for objective evaluation of the fertilizing ability of spermatozoa irrespective of genetic character // J. Reproduction Pert., 1972. – Vol. 31. – №3. – P. 407-414.
7. Goto K., Kinoshita A., Takuma Y., Ogawa K. Fertilization of bovine oocytes by the injection of immobilized, killed spermatozoa // Vet. Rec. - 1990. – Vol. 127. – P. 517-520.
8. Hoshi K., Yanagida K., Yazava H. et al. Pregnancy and delivery after intracytoplasmic injection of an immobilized, killed spermatozoon into an oocyte // J. Assist Reprod. Genet.. - 1994. – Vol. 11. – P. 325-326.
9. Graham C. F. The production of parthenogenesis mammalian embryos and their use in biological research // Biol. Rev. - 1974. – Vol. 49. – № 4. – P. 399-422
10. Rough R. Developmental effects resulting from the exposure to X-rays. Effects on the embryo of irradiation of frog sperm // Proc. Am. Philos. Soc. - 1939. – Vol. 31. – № 3. – P. 447-471.
11. Pandey K. K., Patched M. R. Genetic transformation in chicken by the use of irradiated male gametes // Mol. Gen. Genet. - 1982. – V. 186. – № 3. – P. 295-300.
12. Roger A. Pedersen, Brigitte Brandriff. Radiation- and drug-induced DNA repair in mammalian oocytes and embryos – In: DNA repair and mutagenesis in eukariotes / Generoso W., Shelby M. (ed). – 1980, New York: Plenum Publ. Corp. – P. 389-410.
13. Радиация и патология / Под ред. Цыб А. Ф., Будагов Р.С., Замулаева И. А. и др. –М.: Высш. шк., 2005. – 341 с.
14. Andreychenko S. Evolution of tumor capabilities for recurrence in patients with larynx and pharynx malignancies on the basis of DNA criterion – In: Drug Discovery and Design Medical Aspects / T. Matsoukas, T. Mavromoustakos (ed). – IOS Press, 2002. – P.294-298.
15. Burton K. A study of the conditions and mechanisms of the diphenylamine reaction for the colorimetric estimation of deoxyribonucleic acid // Biochem. J.. - 1956. – Vol. 62. – № 2. – P. 315-323.

**Булавицкая В.М. Анеуплодизация и потеря ДНК радиационно поврежденными сперматозоидами животных**  
// Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. – 2007. – Серия «Биология, химия». – Т. 20 (59), № 1. – С. 129-134.

Опроминення сперматозоїдів тварин гамма-радіацією супроводжується деградацією ядерної ДНК та анеуплодизацією генома. Явище спостерігається при помірних дозах опромінення, а в діапазоні сублетальних та летальних доз значно посилюється і одночасно супроводжується неконтрольованим викидом уламків генетичного матеріалу сперматозоїдів у поживне середовище. Встановлений феномен набуває важливого значення в зв'язку з наявністю векторних властивостей у сперматозоїдів, що пов'язані з їх здатністю захоплювати чужорідну екзогенну ДНК та переносити її до яйцеклітини при фертилізації.

**Ключові слова:** гама-радіація, сперматозоїди, анеуплодизація.

Bulavitska V.M. Aneuplodization and loss of DNA in animal spermatozoa damaged by X-rays Ученые записки // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry". – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 129-134.

Gamma-irradiation of animal spermatozoa is accompanied by DNA degradation and genome aneuploidization. The phenomenon takes place in the diapason of moderate doses, in the range of sublethal and lethal radiation doses it enhances significantly and simultaneously is coupled with uncontrolled loss of genetic material from spermatozoa in feeding solution. The established phenomenon acquires great importance in connection to vector properties of spermatozoon which is responsible for exogenous DNA uptake and transfer to egg cell in the process of fertilization.

**Keywords:** gama-irradiation, spermatozoa, aneuplodization.

УДК 581.26:577.473

## ОСОБЕННОСТИ СВЕТОВОЙ АДАПТАЦИИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

*Отурина И.П., Ерёмкина А.И., Чурилова Т.Я.*

Исследованы показатели, характеризующие процессы световой адаптации диатомовых водорослей *Ditylum Brightwellii* и *Skeletonema costatum*. Установлено, что при оптимальном уровне освещенности обеих культур ( $86,0 \text{ мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ) размеры клеток и численность клеточной популяции микроводорослей возрастают. Крупные клетки *Ditylum Brightwellii* накапливают больше органического углерода, чем мелкие клетки *Skeletonema costatum*. Удельная скорость роста клеточной популяции в условиях световой адаптации у *Ditylum Brightwellii* ниже, чем у *Skeletonema costatum*.

**Ключевые слова:** диатомовые водоросли, световая адаптация, удельная скорость роста.

### ВВЕДЕНИЕ

Значение фитопланктона в любой водной экосистеме состоит в усвоении солнечной энергии и преобразовании косного неорганического вещества в ткани живых организмов, а также в участии в общем круговороте веществ в природе в качестве первичного звена всех трофических цепей [5]. Способность фитопланктона поглощать свет является основополагающей характеристикой в процессе использования световой энергии для биосинтетических реакций. Определение спектральных характеристик поглощения света планктонными водорослями стало в настоящее время одной из актуальных проблем в связи с необходимостью объективной оценки способности фитопланктона преобразовывать энергию электромагнитного излучения в энергию химических связей органических веществ, накопление которых лежит в основе наращивания биомассы.

В фитопланктоне Чёрного моря насчитывается около 750 видов водорослей, относящихся к 7 отделам, среди которых особое место занимают диатомеи, широко распространенные по всей черноморской акватории, большая часть их видового разнообразия приходится на неритические формы.

Существенное влияние на развитие диатомовых водорослей в водоемах оказывают степень освещенности и качество света, определяющие закономерности распределения этих представителей фитопланктона по глубинам. Исследование механизмов адаптации клеток морских водорослей к изменяющемуся световому режиму представляет особый интерес в связи с изучением проблемы рационального использования ресурсов Мирового океана. Целью настоящего исследования явилось изучение адаптивных реакций двух культур диатомовых водорослей в ответ на изменение интенсивности освещения.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Диатомовые водоросли (*Bacillariophyta* или *Diatomeae*) – совершенно особая группа одноклеточных микроскопических организмов, резко отличающаяся от остальных водорослей; клетка диатомей снаружи окружена твердой кремнеземной оболочкой – панцирем. Фитопланктонные диатомовые водоросли, обитающие в пелагиали морей, проявляют большую пластичность в использовании солнечной энергии при одинаковой

радиации, а, следовательно, отличаются интенсивностью процессов фотосинтеза, а также скоростью усвоения минеральных и органических веществ

Объектами настоящего исследования явились *Ditylum brightwellii* (West) Grun. (дитилум брайтвейлла) – представитель класса *Centrophyceae*, порядка *Biddulphiales*, семейства *Biddulphiaceae*, а также *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl. (сцелетонема ребристая), относящаяся к классу *Centrophyceae*, порядку *Coscinodiscales*, семейству *Thalassiosiraceae*. Оба вида микроводорослей встречаются в Чёрном море повсеместно, особенно в бухтах, преимущественно весной (март-апрель месяцы) [2].

Выращивание альгологически чистых культур проводили на питательной среде Гольдберга [3] при температуре +17–18<sup>0</sup>С. Исследуемые микроводоросли адаптировали к 5 различным интенсивностям света: для *D. brightwellii* – 13,8; 24,1; 44,7; 86,0; 138 мкЕ·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>; для *S. costatum* – 5,2; 8,6; 39,6; 86,0; 155 мкЕ·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> (варианты №№ 1-5 соответственно для каждого вида водорослей). Предварительная световая адаптация объектов проводилась при непрерывном 24-х часовом освещении без темнового периода. Квантовое содержание «условного люкса» для люминесцентных ламп холодного свечения соответствовало: 1клк = 17,2 мкЕ·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> [4].

Культура в период адаптации поддерживалась в экспоненциальной фазе роста методом периодического разбавления. Продолжительность адаптации составляла 7 суток, в течение которых исходные клетки начинали активно размножаться, следовательно, за этот период культура водорослей полностью адаптировалась к заданному световому режиму.

Концентрацию клеток в культуре определяли микроскопически в камере Горяева. Объем клеток измеряли при помощи окуляр-микрометра. Внутриклеточное содержание углерода рассчитывали по Menden-Deuer [8], исходя из среднего объема клетки. Скорость роста клеток вычисляли по Финенко З.З., Ланской Л.А. [6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

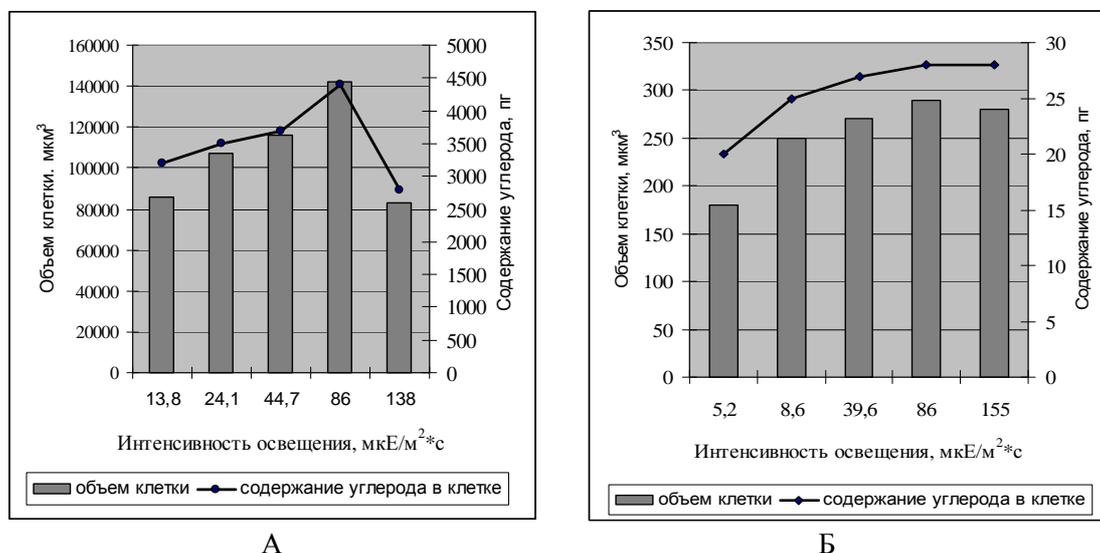
Клетки *Ditylum brightwellii* и *Skeletonema costatum* имеют разные морфометрические характеристики. Объем клеток дитилума при начальном уровне освещения (13,8 мкЕ·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>) был больше, чем у сцелетонемы, в среднем в 470 раз (рис. 1).

Изменение интенсивности освещения оказало существенное воздействие на величину клеток исследуемых объектов. Так, максимальные размеры клеток *D. brightwellii*, средний объем которых составил 142·10<sup>3</sup> мкм<sup>3</sup>, были зафиксированы при 86,0 мкЕ·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>. При самом высоком уровне освещенности (138,0 мкЕ·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>) показатели объемов клеток дитилума были близки к первоначальным (рис. 1, А).

Объем клеток *S. costatum* с возрастанием освещенности от 5,2 до 86,0 мкЕ·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> увеличивался соответственно со 180 мкм<sup>3</sup> до максимального значения 280-290 мкм<sup>3</sup> (рис. 1, Б). При дальнейшем возрастании освещенности до 155,0 мкЕ·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> размеры клеток сцелетонемы начинали постепенно уменьшаться.

Таким образом, оптимальная освещенность для обоих видов исследуемых микроводорослей, при которой отмечался максимальный объем их клеток, составила 86,0 мкЕ·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>.

## ОСОБЕННОСТИ СВЕТОВОЙ АДАПТАЦИИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ



**Рис. 1.** Изменение объема клеток и содержания в них углерода у *Ditylum brightwellii* (А) и *Skeletonema costatum* (Б) при разной интенсивности освещения

Возрастание размеров клеток при оптимальном уровне освещения обеих культур, очевидно, связано с накоплением диатомовыми водорослями пула пластических веществ, используемых в конструктивном обмене. Для большинства автотрофных организмов основными источниками органического углерода являются продукты фотосинтеза – углеводы. Содержание углерода в клетках дитилума и сцелетонемы при возрастании интенсивности света от первоначального уровня до  $86,0 \text{ мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  увеличивалось на 38-40% (рис. 1). При максимальном уровне освещенности ( $138,0 \text{ мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ) концентрация углерода в клетках *D. brightwellii* снижалась в среднем на 12,5 %, в то время, как у *S. costatum* при наибольшей интенсивности света ( $155,0 \text{ мкЕ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ) изменений данного показателя по сравнению с предыдущим уровнем освещенности не наблюдалось.

Количественное выражение динамики прироста биомассы, накапливаемой фитопланктоном, зависит как от размеров и массы каждой отдельной клетки микроводоросли, так и от общей численности клеток, связанной со скоростью их размножения (Langdon, 1988).

Согласно данным, приведённым Финенко З.З., Ланской Л.А. (1971), динамика роста клеток водорослей в основном зависит от скорости биохимических реакций, обуславливающих синтез белков и нуклеиновых кислот, которые в отличие от запасных веществ являются активной частью протоплазмы [6]. Суммарным выражением скорости биосинтетических реакций популяции одноклеточных водорослей может служить скорость деления клеток, поскольку рост отдельной клетки ограничен известным пределом. Для того, чтобы контролировать условия роста, водоросли выращивают в чистых культурах на средах, содержащих все необходимые элементы для их жизнедеятельности. Развитие водорослей в этих условиях отличается рядом особенностей, которые не имеют места в природе. В условиях *in vitro* у всех видов

водорослей различают индивидуальный и популяционный рост. Один из классических примеров, поясняющих понятие индивидуального роста клеток, дают диатомовые водоросли. Для них характерно наличие кремниевого панциря, состоящего из двух створок. При делении одна дочерняя клетка оказывается в более крупной створке, а другая – в более мелкой. В следующем поколении более мелкая клетка делится таким же образом, так что одна из её дочерних клеток оказывается ещё мельче. Этот процесс продолжается до тех пор, пока, в конце концов, либо сбрасывается панцирь (при образовании ауксоспор), либо такие клетки оказываются неспособными к дальнейшему делению и погибают, когда их размеры выходят за пределы критического минимума [2].

Популяционный рост описывается, как правило, S-образной кривой. Во время роста культуры водорослей в лимитированных объёмах различают следующие фазы роста: 1) лаг- фаза, на протяжении которой увеличения численности клеток не происходит; 2) экспоненциальная, или логарифмическая, фаза; 3) фаза замедленного роста; 4) стационарная фаза, характеризующаяся максимальной величиной биомассы и максимальной суммарной численностью клеток; 5) фаза отмирания. Все фазы являются результатом взаимодействия клетки и окружающей среды.

Диатомеи быстро реагируют на изменения условий, в которых они развиваются, и, в первую очередь, на колебания уровня освещенности. Световая адаптация этих водорослей проявляется в вариациях показателей скорости роста клеточной популяции, которые вычислялись в логарифмической фазе роста культур, характеризующейся постоянной максимальной скоростью деления клеток, за счет чего их численность увеличивается в геометрической прогрессии (рис. 2).

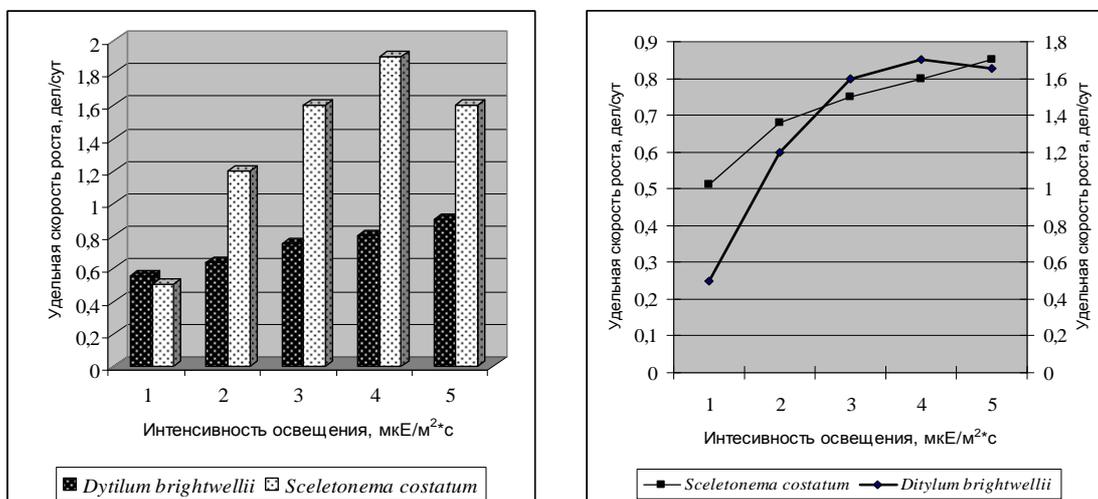


Рис. 2. Удельная скорость роста клеточной популяции *Ditylum brightwellii* и *Skeletonema costatum* при разной интенсивности освещения (левый рисунок).

Рис. 3. Влияние разных режимов освещенности на рост клеточной популяции диатомовых водорослей (правый рисунок).

## ОСОБЕННОСТИ СВЕТОВОЙ АДАПТАЦИИ ДИАТОМОВЫХ ВОДРОСЛЕЙ

В ходе проведенных экспериментов установлено, что при начальном уровне освещенности удельная скорость роста клеточной популяции обоих исследуемых видов микроводорослей была одинаковой ( $0,5 \text{ дел}\cdot\text{сут}^{-1}$ ) (рис. 2).

С возрастанием интенсивности освещения до  $86,0 \text{ мкЕ}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$  этот показатель постепенно увеличился, достигнув максимальных значений –  $0,85$  и  $1,9 \text{ дел}\cdot\text{сут}^{-1}$  у *Ditylum brightwellii* и *Skeletonema costatum* соответственно. С увеличением освещенности до  $155,0 \text{ мкЕ}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$  удельная скорость роста популяции скелетонемы снижалась до  $1,6 \text{ дел}\cdot\text{сут}^{-1}$ , в то время, как у дитилума клетки при заданном режиме освещенности продолжали интенсивно размножаться (рис. 2).

Важным показателем, характеризующим зависимость скорости роста от степени освещенности, является насыщающая рост водорослей интенсивность света. Для *D. brightwellii* и *S. costatum* насыщающая интенсивность света, при которой наблюдался выход кривой роста на плато, соответствующий стационарной фазе, составила  $20,8$  и  $15 \text{ мкЕ}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$  соответственно (рис. 3). Эти показатели по своей величине меньше данных, приведённых в литературе, согласно которым насыщающая интенсивность света для фитопланктона составляет  $70\text{-}140 \text{ мкЕ}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$  [1].

Подобное несоответствие объясняется тем, что при сопоставлении экспериментальных результатов необходимо учитывать при освещении соотношение светового и темнового периодов. Для того, чтобы исключить влияние разных световых режимов, следует сопоставлять скорость роста не с интенсивностью света, а с продолжительностью освещения в течение суток, которая в нашем эксперименте составляла 24 часа.

Длина светового дня (непрерывное освещение в течение 24 часов) оказала существенное влияние на скорость роста клеток исследуемых видов диатомей. Согласно Langdon С. (1988), при 16-ти часовом фотопериоде удельная скорость роста для *Ditylum brightwellii* составляет  $2,1 \text{ дел}\cdot\text{сут}^{-1}$ , при непрерывном освещении этот показатель уменьшается до  $0,84 \text{ дел}\cdot\text{сут}^{-1}$  [7], что подтверждается экспериментально полученными значениями скорости роста для *Ditylum brightwellii* ( $0,8\text{-}0,9 \text{ дел}\cdot\text{сут}^{-1}$ ). Таким образом, продолжительность фотопериода свыше 16 часов оказывает угнетающее воздействие на рост диатомовых.

Следует отметить, что результатом адаптации клеток *Ditylum brightwellii* и *Skeletonema costatum* к условиям освещённости, различающимся на порядок, является поддержание относительно постоянной скорости роста в течение всего эксперимента.

### **ВЫВОДЫ**

1. Представители черноморских видов диатомовых водорослей *Ditylum brightwellii* и *Skeletonema costatum* реагируют на колебания условий освещенности изменением размеров клеток и численности клеточных популяций, показатели которых при возрастании интенсивности освещения постепенно увеличиваются.
2. Максимальные значения морфометрических характеристик клеток обеих исследованных культур (высота, диаметр, объем) отмечены при интенсивности освещения  $86 \text{ мкЕ}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ . Сверхоптимальный уровень освещенности вызывает торможение роста клеток диатомей.

3. Более крупные клетки дитилума при оптимальном уровне освещенности накапливают большее количество органического углерода, чем мелкие клетки сцелетонемы.
4. Удельная скорость роста клеточной популяции, характеризующая динамику прироста биомассы, в условиях световой адаптации у *Ditylum brightwellii* в 1,8-2,1 раза ниже, чем у *Sceletonema costatum*.
5. При непрерывном 24-х часовом освещении темпы процессов роста популяций дитилума и сцелетонемы замедляются.

#### Список литературы

1. Берсенева Г.П., Сергеева Л.М., Финенко З.З. Адаптация морских планктонных водорослей к свету // Океанология. – 1978. – Т. 18. – Вып. 2. – С. 298-306.
2. Жизнь растений / Под ред Федорова Ал. А. – М: Просвещение, 1977. – Т.3. – С. 111-127.
3. Ланская Л.А. Культивирование водорослей / В сб.: Экологическая физиология морских планктонных водорослей. Под ред. Грезе В.Н. – Киев: Наукова думка, 1971. – С. 5-22.
4. Парсонс Т.Р., Такахаши М., Харгрейв Б. Биологическая океанография. – М.: Легкая промышленность, 1982. – 432 с.
5. Сорокин Ю.И., Ведерников В.И. Сезонные изменения черноморского планктона. – М.: Наука, 1983. – С. 5-11.
6. Финенко З.З., Ланская Л.А. Рост и скорость деления водорослей в лимитированных объемах воды / В сб.: Экологическая физиология морских планктонных водорослей. Под ред. Грезе В.Н. – Киев: Наукова думка, 1971. – С. 22-51.
7. Langdon C. On the causes of interspecific differences in the grows-irradiance relationship for phytoplankton // J. of Plankton Research. – 1988. – Vol. 10. – № 6. – P. 38-44.
8. Menden-Deuer, E.J. Lessard. Carbon to volume Relationships for dinoflagellates, diatoms and other protest plankton // Limnol. Oceanogr. – 2002. – Vol. 45 (3). – P. 569-579.

Отуріна І.П., Ерёміна О.І., Чурилова Т.Я. Особливості світлової адаптації діатомових водоростей // Учені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2007. – Серія «Біологія, хімія». – Т. 20 (59), № 1. – С. 135-140.

Досліджено показники, що характеризують процеси світлової адаптації діатомових водоростей *Ditylum Brightwellii* і *Sceletonema costatum*. Встановлено, що при оптимальному рівні освітленості обох культур ( $86,0 \text{ мкЕ}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ ) розміри клітин і чисельність клітинної популяції мікроводоростей зростають. Великі клітини *Ditylum Brightwellii* накопичують більше органічного вуглецю, чим дрібні клітини *Sceletonema costatum*. Питома швидкість росту клітинної популяції в умовах світлової адаптації в *Ditylum Brightwellii* нижче, ніж у *Sceletonema costatum*.

**Ключові слова:** діатомові водорості, світлова адаптація, питома швидкість росту

*Oturina I.P., Yeromina A.I., Churilova T.Ya. Fetures of photic adaptation of Diatoms // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry". – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 135-140.*

The processes of photic adaptation diatoms *Ditylum Brightwellii* and *Sceletonema costatum* are investigated. Given research has established that at the optimum level of illuminance of both cultures ( $86,0 \text{ мкЕ}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ ) the sizes of cells and quantity of mikroalgae cellular population increase. The large cells of *Ditylum Brightwellii* accumulate more of organic carbon, than small cells of *Sceletonema costatum*. During photic adaptation specific growth rate of cellular population is less at *Ditylum Brightwellii*, than at *Sceletonema costatum*.

**Keywords:** diatoms, photic adaptation, specific growth rate

УДК 577.157.391

## АКТИВНІСТЬ ГЛУТАТІОН-S-ТРАНСФЕРАЗИ В ГЕПАТОЦИТАХ ТА ПАРІЄТАЛЬНИХ КЛІТИНАХ ШЛУНКА ЩУРІВ ЗА УМОВ РОЗВИТКУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО АТРОФІЧНОГО ГАСТРИТУ

*Дробінська О. В., Гайда Л.М., Карпюк О.С., Остапченко Л.І.*

За умов експериментального атрофічного гастриту активність глутатіонтрансферази змінювалась в залежності від термінів розвитку патології, як в гепатоцитах так і в парієтальних клітинах. На ранніх та пізніх стадіях спостерігалась тенденція до зниження ферментативної активності, тоді як на проміжних етапах активність глутатіонтрансферази статистично достовірно підвищувалась. Компенсаторне зростання активності ферменту не сприяє знешкодженню токсичних продуктів, що може бути однією із причин порушення проліферації клітин і хронізації патологічного процесу.

**Ключові слова:** глутатіонтрансфераза, гепатоцити, парієтальні клітини, атрофічний гастрит.

### ВСТУП

Сьогодні атрофічний гастрит розглядають переважно як хронічний запально-дистрофічний процес у слизовій оболонці шлунка, який характеризується порушенням її фізіологічної регенерації, зменшенням кількості залозистих клітин, а у разі прогресування — атрофією залозистого епітелію, розладом секреторної, моторної та інкреторної функцій шлунка [1].

Вважається, що основною причиною розвитку хронічного атрофічного гастриту (ХАГ) є *H.pylori*, але це захворювання може бути викликане і рядом інших факторів: значним вживанням солі, низьким рівнем мікроелементів, вітамінів та антиоксидантів [2, 3].

Одним із механізмів розвитку атрофії слизової оболонки шлунка є порушення у метаболізмі ненасичених жирних кислот, синтезі простагландинів та інших речовин, які забезпечують захист слизової шлунку, активації процесів проліферації та апоптозу, що можуть бути індуковані різноманітними чинниками. Ці процеси призводять до міграції поліморфноядерних лейкоцитів і макрофагів до поверхневого шару слизової шлунка і супроводжуються „оксидативним вибухом”: вивільненням і утворенням цілого ряду сполук, до яких належать супероксидний аніон, оксид азоту, гідроксильні радикали, пероксинітрит [3]. Накопичення токсичних продуктів вільнорадикального окиснення призводить до пошкодження мембран, інактивації ферментів, порушення проліферації клітин [5]. Сьогодні загальновизнана роль антиоксидантних ферментів в захисті клітин від пошкоджуючої дії як первинних так і вторинних продуктів перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) [7].

Глутатіонова антиоксидантна система ферментів, яка включає глутатіонпероксидазу, глутатіонредуктазу, перешкоджає накопиченню токсичних продуктів ПОЛ. Експериментальними та клінічними дослідженнями встановлено, що система глутатіону бере участь в процесах регуляції проліферації [5, 6], які залучені в патогенез хронічного атрофічного гастриту. Крім того, глутатіонова антипероксидна система відіграє важливу

роль в детоксикації, деградації та виведенні із організму чужерідних органічних сполук. Ця функція реалізовується через роботу глутатіон-S-трансфераз (ГТ).

Метою нашої роботи було дослідити активність глутатіон-S-трансферази парієтальних клітин та гепатоцитів щурів в динаміці розвитку експериментального атрофічного гастриту.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

У роботі дотримувалися міжнародних рекомендацій про проведення медично-біологічних досліджень з використанням тварин згідно Європейської конвенції. В досліді використовували білих лабораторних нелінійних щурів-самців з початковою масою 180-220 г. Групі тварин, протягом 6 тижнів вводили 2% саліцилат натрію інтрагастрально, а питну воду заміняли на 20 мМ деоксихолат натрію [11]. Визначення активності глутатіон-S-трансферази (ГТ) в парієтальних клітинах шлунку і гепатоцитах проводили на 1-й, 2-й, 3-й, 4-й, 5-й і 6-й тиждень розвитку атрофічного гастриту [10]. Парієтальні клітини та гепатоцити виділяли за методами [8, 9]. Вміст білку визначали за методом Бредфорд. Результати статистично обробляли за t-критерієм Стьюдента.

Розвиток атрофічного гастриту підтверджували гістологічними дослідженнями. Відбирали зразки кардіальної, фундальної та пілоричної частин шлунку, які обробляли за стандартними методами. Зразки забарвлювали гематоксиліном та еозином.

#### **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

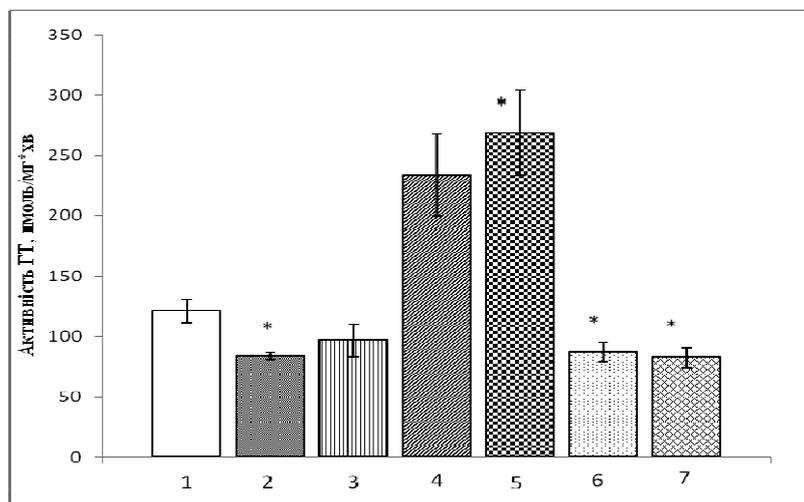
При введенні саліцилату натрію (інгібітора простогландинциклогенази) у щурів спостерігалось ураження слизової шлунку, яке посилювалось деоксихолатом натрію. Останній, розчиняючи захисний поверхневий шар слизу, стимулює рефлюкс жовчі із дванадцятипалої кишки [11].

В результаті гістологічних досліджень на початкових етапах розвитку ХАГ (2-3 тижні) спостерігалось потовщення слизової оболонки на 10-15%, що можна пояснити гіперпроліферацією стовбурових клітин у відповідь на дію пошкоджуючих агентів [1]. На 5-6 тиждень експериментальної моделі товщина слизової зменшувалась в порівнянні з контролем. На пізніх етапах ХАГ спостерігалось часткове розгладження макроскопічних складок шлунку. Залози розташовувались неупорядковано, їх кількість зменшилась в порівнянні з контролем ( $P > 0,05$ ). Починаючи з 4-го тижня спостерігалось проростання сполучної тканини в основу залоз, а також лімфатична інфільтрація, що є стійкою ознакою хронічного атрофічного гастриту [1, 3].

Нами встановлено, що за умови розвитку експериментального атрофічного гастриту активність глутатіонтрансферази значно варіювала в залежності від термінів експериментальної моделі. Згідно з даними, представленими на рис.1, спостерігалось зниження активності глутатіонтрансферази в гепатоцитах на 31 % на першому тижні розвитку атрофічного гастриту в порівнянні з контролем. Тенденція до зниження ферментативної активності була виявлена і в парієтальних клітинах шлунку (рис.2). На другому тижні ферментативна активність залишається зниженою в гепатоцитах, тоді як в парієтальних клітинах спостерігалось достовірне підвищення активності на 23% (рис.2).

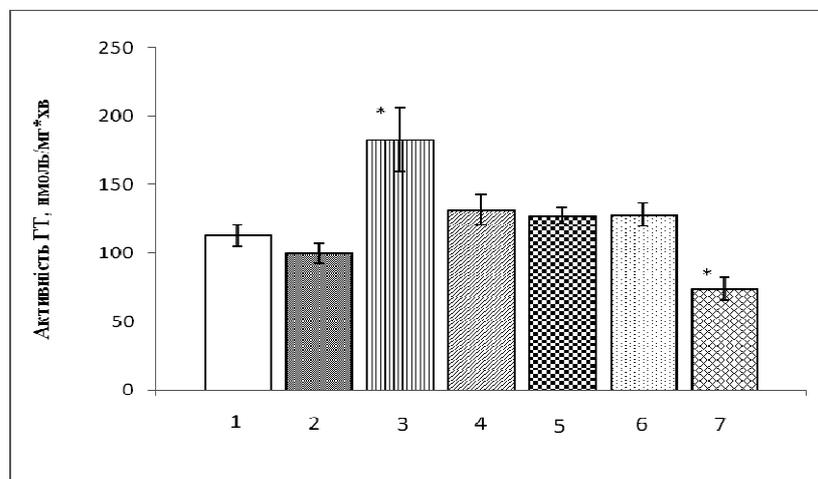
### **АКТИВНІСТЬ ГЛУТАТІОН-S-ТРАНСФЕРАЗИ В ГЕПАТОЦИТАХ ТА ПАРІСТАЛЬНИХ КЛІТИНАХ ШЛУНКА ЩУРІВ ЗА УМОВ РОЗВИТКУ АТРОФІЧНОГО ГАСТРИТУ**

Зниження активності ферменту може бути обумовлене надлишком утворюваних, внаслідок розвитку запального процесу, токсичних метаболітів кисню.



**Рис.1.** Активність глутатіонтрансферази в гепатоцитах за умов розвитку експериментального атрофічного гастриту щурів.

1 – контроль; 2, 3, 4, 5, 6, 7 – перший, другий, третій, четвертий, п'ятий та шостий тижні розвитку експериментального атрофічного гастриту відповідно; \* різниця вірогідна в порівнянні з контролем,  $p < 0,05$



**Рис.2.** Активність глутатіонтрансферази в парістальних клітинах за умов розвитку експериментального атрофічного гастриту щурів.

1 – контроль; 2, 3, 4, 5, 6, 7 – перший, другий, третій, четвертий, п'ятий та шостий тижні розвитку експериментального атрофічного гастриту відповідно; \* різниця вірогідна в порівнянні з контролем,  $p < 0,05$

Глутатіонтрансферази – універсальні ферменти, які шляхом трансформації, нековалентного зв'язування і навіть ковалентного приєднання запобігають пошкодженню

ДНК, мітохондрій та інших життєво важливих центрів клітини від шкідливих сполук і в результаті значно збільшують стійкість клітини і організму в цілому [5].

В гепатоцитах на 3,4-й тиждень розвитку експериментального атрофічного гастриту спостерігалось статистично достовірне підвищення активності глутатіонтрансферази в 1,9 та 2,2 рази відповідно, тоді як достовірної зміни ферментативної активності в парієтальних клітинах не зареєстровано.

Підвищення активності ГТ свідчить про активацію процесів знешкодження продуктів перекисного окислення ліпідів, ксенобіотиків в результаті реакцій нуклеофільного заміщення та приєднання. Дані експериментальних досліджень показують, що активація захисних процесів відбувається швидше в шлунку, що можна пояснити, зокрема, впливом саліцилату та деоксіхолату натрію безпосередньо на слизову оболонку. Підвищення активності глутатіонтрансферази в парієтальних клітинах пов'язано з участю ферменту в ендogenous метаболізмі і забезпечує локальний захист клітин. В гепатоцитах захисні процеси є більш виражені і тривалі оскільки детоксикація чужорідних субстанцій, які потрапляють через шлунково-кишковий тракт в основному відбувається в печінці.

Нами встановлено достовірне зниження ферментативної активності на 28% та 32 % в гепатоцитах щурів на 5,6-й тиждень розвитку атрофічного гастриту в порівнянні з контрольною групою тварин. В парієтальних клітинах на 6-й тиждень активність глутатіонтрансферази знижувалась на 30% і супроводжувалась частковим розгладженням макроскопічних складок шлунку, проростанням сполучної тканини в основу залоз, що є стійкою ознакою перетворення гострого запального процесу в хронічний. Відомо, що ГТ високоспецифічна до GSH і зниження пулу відновленого глутатіону може призвести до падіння активності ферменту на пізніх етапах розвитку експериментального атрофічного гастриту. [5]

## **ВИСНОВКИ**

Таким чином, аналіз представленого матеріалу дозволив виявити особливості змін активності глутатіон-S-трансферази в парієтальних клітинах і гепатоцитах щурів в динаміці розвитку експериментального атрофічного гастриту. Компенсаторне зростання активності ферменту не сприяє знешкодженню токсичних продуктів, що може бути однією із причин порушення проліферації клітин і хронізації патологічного процесу.

## **Список літератури**

1. Аруин А.И., Григорьев П.Я., Исаков В.А., Яковенко Е.П. Хронический гастрит. – Амстердам, 1993. – 99 с.
2. Бабак О.Я., Протас Ю.В. Хронический атрофический гастрит – точка отсчета начала канцерогенеза // Сучасна гастроентерологія. – 2005. – № 5 (25). – С. 9 – 14.
3. Букин Ю.В., Драудин-Криленко В.А. Молекулярно биологические механизмы гастроанцерогенеза и подходы к профилактике рака желудка // Успехи биол.химии. - 2000. - Т.40. - С. 329-356.
4. Кахновер Н. Б., Хмелевский Ю. В. Глутатион-S-трансферазы, ферменты детоксикации // Укр. биохим. Журнал. – 1983. - Т. 55, №1. – С. 51-55.
5. Колесниченко Л. С., Кулинский В. И. Глутатионтрансферазы // Успехи современной биологии - 1989.- Т.107, №2. - С. 179-194.

**АКТИВНІСТЬ ГЛУТАТІОН-S-ТРАНСФЕРАЗИ В ГЕПАТОЦИТАХ ТА ПАРИЄТАЛЬНИХ КЛІТИНАХ ШЛУНКА ЩУРІВ ЗА УМОВ РОЗВИТКУ АТРОФІЧНОГО ГАСТРИТУ**

---

6. Кулинский В.И., Колесниченко Л.С. Биологическая роль глутатиона // Успехи современной биологии. - 1990. - Т. 110, №1. - С. 20 – 26.
7. Мазо В.К. Глутатион как компонент антиоксидантной системы желудочно-кишечного тракта // Рос. журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. – 1998. – № 1. – С. 47 - 53.
8. Петренко А.Ю., Сукач А.Н., Росляков А.Д. Выделение гепатоцитов крыс неферментативным методом: детоксикационная и дыхательная активности // Биохимия. - 1991. - Т. 56, Вып. 9. - С. 1647-1650.
9. Таиров М.М., Берсимбаев Р.И., Аргутинская С.В., Салгани Р.И. Клеточная локализация аденилатциклаз, стимулируемых гистамином и простагландином E<sub>2</sub>, в слизистой оболочке желудка крыс и их роль в регуляции желудочной секреции // Биохимия. - 1983. - Т.48. - №6. - С. 1035-1041.
10. Habig W.H., Parst M.J., Jakobv W.B. Glutathione-S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation // J. Biol. Chem. —1974. —Vol. 249, № 22. —P. 7130—7139.
11. Wang L., Chen S., Chen Z., Cai J., Si J. Morphological and pathologic changes of experimental chronic atrophic gastritis (CAG) and the regulating mechanism of protein expression in rats // J. Zhejiang Univ. SCIENCE B. - 2006. - Vol. 7(8). - P. 634-640.

*Дробинская О.В., Гайда Л.Н., Карпюк О.С., Остапченко Л.И.* Активность глутатион- S-трансферазы в гепатоцитах и париетальных клетках желудка крыс во время развития экспериментального атрофического гастрита // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. - 2007. - Серия «Биология, химия». – Т. 20 (59), № 1. – С. 141-145.

Исследования показали, что в условиях развития экспериментального хронического атрофического гастрита (ХАГ) активность глутатионтрансферазы разнонаправлено изменялась в зависимости от сроков экспериментальной модели, как в гепатоцитах так и в париетальных клетках. На ранних и поздних стадиях наблюдалась тенденция к снижению ферментативной активности, тогда как на промежуточных этапах активность глутатионтрансферазы статистически достоверно возрастала. Компенсаторное увеличение активности фермента не способствует обезвреживанию токсических продуктов, что может быть одной из причин нарушения пролиферации клеток и хронизации патологического процесса.

**Ключевые слова:** глутатионтрансфераза, гепатоциты, париетальные клетки, атрофический гастрит.

*Drobinska L., Gayda L., Karpyuk O., Ostapchenko L.* Glutathione-S-transferase activity in rat parietal cells and hepatocytes during development of chronic atrophic gastritis // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series “Biology, chemistry”. – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 141-145.

Activity of glutathione-S-transferase was changed in rat parietal cells and hepatocytes during development of chronic atrophic gastritis. On early and late stages of pathology the tendency of enzyme activity decreasing was showed, whereas at the middle point we observed statistically significant increasing glutathione-S-transferase activity. Compensatory increasing of enzyme activity does not promote neutralization of toxic products. It can be one of causes of cell proliferation infringement and chronisation of pathological process.

**Keywords:** glutathione-S-transferase, parietal cells, hepatocytes, atrophic gastritis.

УДК 577.118.352.4:616.53-004

## ВМІСТ ЦИТОПЛАЗМАТИЧНОГО $\text{Ca}^{2+}$ В КОЛОНОЦИТАХ ЩУРІВ ЗА УМОВ РОЗВИТКУ ВИРАЗКОВОГО КОЛІТУ

*Дробінська О. В., Кравченко О. О., Артеменко О. Ю., Остапченко Л. І.*

Досліджено вміст іонів  $\text{Ca}^{2+}$  в цитозолі клітин товстого кишечника щурів в динаміці розвитку виразкового коліту. Встановлено зростання вільного внутрішньоклітинного  $\text{Ca}^{2+}$  у 2 рази порівняно з контролем. При цьому спостерігались деструктивно-ерозивні ушкодження слизової оболонки товстої кишки, які супроводжувались проявом гострих симптомів виразкового коліту. За умов застосування канцерогену рівень  $\text{Ca}^{2+}$  перевищував контрольні значення на 50%, 40%, 14% у відповідні терміни досліджень, що супроводжувалось потовщенням слизової оболонки, а на 8-10 тижнів аномальними новоутвореннями, які розташовувались переважно в проксимальному відділі товстого кишечника.

**Ключові слова:** цитоплазматичний кальцій, колоноцити, виразковий коліт.

### ВСТУП

На сьогоднішній день одним з найпоширеніших захворювань серед населення України є рак товстої кишки. До факторів ризику, які сприяють розвитку цієї патології можна віднести виразковий коліт. Виразковий коліт (ВК) – хронічний запальний процес з дистрофічними та атрофічними деструктивними змінами слизової оболонки товстої кишки, що супроводжується порушеннями її секреторних і моторних функцій.

Одним із основних цитотоксичних факторів розвитку даної патології є порушення транспорту води та електролітів у товстому кишечнику. Здатність стимулювати секрецію натрію і хлору притаманна вільному внутрішньоклітинному кальцію [1, 2].

Іони  $\text{Ca}^{2+}$  виконують роль універсального внутрішньоклітинного месенджера, оскільки завдяки короткочасним змінам концентрації даних катіонів у цитозолі здійснюється регуляція таких важливих процесів, як експресія генів, диференціація та проліферація клітин, глікогеноліз, іонний транспорт [1, 3].

Порушення внутрішньоклітинного кальцієвого гомеостазу здатне спричинювати розвиток різноманітних патологічних змін в організмі, а довготривале підвищення концентрації  $\text{Ca}^{2+}$  призводить до апоптичної загибелі клітини [3].

Дослідження останніх років виявили вплив іонів  $\text{Ca}^{2+}$  на цитоскелет, нексуси та щільні міжклітинні контакти в епітелії [5,6,10]. Епітеліоцити кишечника мають багато іонних каналів, переносників та насосів, які локалізовані на люмінальній (апикальній) та базолатеральній мембранах і забезпечують ефективний транспорт води та іонів [7, 11]. Всмоктування води, електрогенної та електронейтральної абсорбції  $\text{NaCl}$ , активної сорбції  $\text{K}^+$  та коротколанцюгових жирних кислот, які продукуються кишечною мікрофлорою, секреції  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  та слизу є основними функціями епітеліальних клітин товстого кишечника, порушення яких призводить до розвитку коліту [7 – 9]. За останніми даними іони  $\text{Ca}^{2+}$  шляхом регуляції функціонування клітинних рецепторів

## **ВМІСТ ЦИТОПЛАЗМАТИЧНОГО $\text{Ca}^{2+}$ В КОЛОНОЦИТАХ ЩУРІВ ЗА УМОВ РОЗВИТКУ ВИРАЗКОВОГО КОЛІТУ**

беруть участь у активації і (або) пригніченні електронейтральної абсорбції. Кальцій також бере участь у регуляції транспорту  $\text{K}^+$  та  $\text{Cl}^-$ , активуючи відповідні канали. Інгібування  $\text{Ca}^{2+}$  - залежних хлорних каналів часто пов'язують з дією токсинів та ентеровірусів, що спричинює діарею [9,11]. Зростання концентрації кальцію обмежує активність базолатеральних  $\text{K}^+$ -каналів та посилює люмінальну секрецію  $\text{Cl}^-$ .  $\text{Ca}^{2+}$  є регулятором такої важливої функції колоноцитів, як карбахол-, гістамін- та простагландин-стимульована секреція слизу [11].

Стійке порушення кальцієвого гомеостазу спричинює розвиток клітинних патологій, що може бути пов'язаним з впливом даного месенджера на проліферацію клітин [7].

Метою роботи було дослідити вміст цитозольного кальцію в клітинах товстого кишечника щурів в динаміці розвитку виразкового коліту і на початкових етапах розвитку онкопатологій відповідної локалізації.

### **МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ**

У роботі дотримувалися міжнародних рекомендацій про проведення медично-біологічних досліджень з використанням тварин згідно Європейської конвенції.

Експерименти проводились на нелінійних білих щурах самцях масою 150–180 г. Тварин утримували на стандартному раціоні віварію. Модель експериментального виразкового коліту створювали за методичними рекомендаціями [12]. Для цього питну воду піддослідних тварин замінили на 1% розчин сульфат натрієвої солі декстрану ( $M_n=35000-50000$ ). Переродження клітин товстої кишки викликали згідно до [13]. Канцероген – диметилгідрозин вводили підшкірно кожен тиждень, після впливу натрієвої солі декстрану, протягом відповідних строків спостереження. Клітини товстої кишки виділяли за методом [14]. Вміст кальцію досліджували на 1, 3 і 7 добу розвитку виразкового коліту і на 2, 4, 6, 8 і 10 тиждень за дії канцерогенної речовини.

Концентрацію вільного цитозольного кальцію виміряли за допомогою зонду індо-1 (Sigma, США). Отримані колоноцити ( $2 \cdot 10^7$ /мл) навантажували зондом (5 мкМ) протягом 30 хв. при  $25^\circ \text{C}$ , відмивали від надлишку зонду центрифугуванням (600 г, 15 хв.) та ресуспендували у буфері. Спектр флюорисценції індо-1 визначали на спектрофлюориметрі СДЛ-2 (ЛОМО, Росія),  $\lambda_{\text{збудж}} - 350 \text{ нм}$ ,  $\lambda_{\text{випр.}} - 410 \text{ нм}$  та 495 нм. Концентрацію  $\text{Ca}^{2+}$  розраховували за двохвильовим параметром R [15]. Вміст  $\text{Ca}^{2+}$  виражали у процентах відносно контролю.

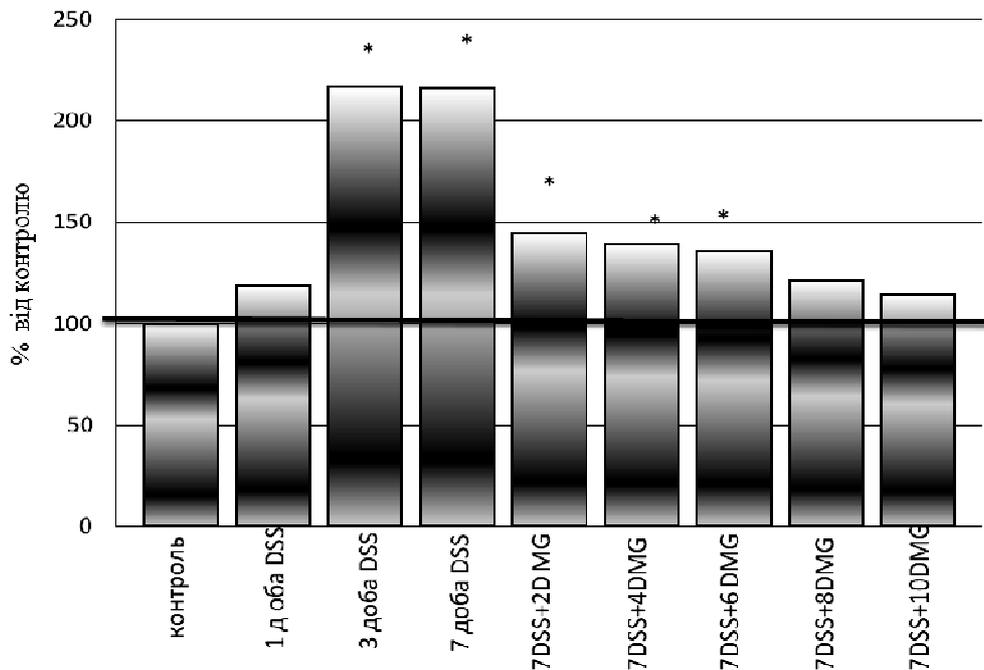
Статистичну обробку результатів та побудову графіків проводили методами варіаційної статистики з використанням t-критерію Стьюдента.

### **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

Слизовій оболонці товстої кишки притаманна фізіологічна здатність до швидкого відновлення завдяки балансу між проліферацією і злущуванням клітин [7]. В представленій роботі було оцінено стан слизової оболонки товстої кишки у процесі запалення та на ранніх етапах розвитку процесів переродження клітин. На 1-шу добу після ініціації виразкового коліту нами не виявлено морфологічних змін слизової оболонки товстої кишки. На 3-тю та 7-му добу експерименту встановлено типові гострі ерозивно-запальні ушкодження, почервоніння, геморагії та набряк, що супроводжувалось

характерними симптомами коліту, до яких належить діарея та домішки крові у випорожненнях. При введенні канцерогену спостерігалось певне зменшення проявів патологічних симптомів, але вже на 6-тий тиждень відмічались локальні джерела потовщення слизової оболонки кишечника. На 8-мий тиждень впливу канцерогену у 20% щурів, а на 10-тий тиждень у 40% щурів виявлено аномальні новоутворення, які на зовнішній стороні кишки мали вигляд щільних наростів правильної округлої форми діаметром від 1 до 5 мм і розташовувались переважно в проксимальному відділі товстого кишечника.

При визначенні концентрації вільного  $\text{Ca}^{2+}$  в клітинах слизової оболонки товстої кишки в динаміці досліджуваної моделі встановлено, що на першу добу впливу декстрану, який викликає запалення, сорбуючись на стінках кишечника, помітних змін порівняно з контролем виявлено не було. Симптоми, які зазвичай супроводжують дану патологію, теж не спостерігались.



**Рис. 1.** Вміст цитозольного  $\text{Ca}^{2+}$  в колоноцитах щурів за розвитку виразкового коліту (1 доба ведення dextran sulfate sodium salt (DSS) – 7 доба DSS), та за дії канцерогену (7DSS+2 dimethylhydrazin (DMG) – 7DSS+10DMG). \* –  $P \leq 0,05$ ;

На третю і сьому добу введення декстрану вміст цитоплазматичного кальцію перевищував контрольні значення більш ніж в 2 рази. Треба відмітити, що в цей період спостерігається суттєве загострення симптомів коліту. Згідно з даними інших авторів у вищезазначені терміни відбувається активація кальцій-залежних хлорних каналів в результаті чого спостерігається порушення всмоктування води та діарея [11].

## **ВМІСТ ЦИТОПЛАЗМАТИЧНОГО Ca<sup>2+</sup> В КОЛОНОЦИТАХ ЩУРІВ ЗА УМОВ РОЗВИТКУ ВИРАЗКОВОГО КОЛІТУ**

Подальше щотижневе підшкірне введення канцерогену (диметилгідразину) призводило до поступового зниження концентрації кальцію і зменшення зовнішніх проявів запалення. Через 2, 4- 10 тижнів після впливу декстрану і диметилгідразину рівень Ca<sup>2+</sup> був на 50%, 40%, 14% відповідно вище контрольних значень.

Варто відмітити, що за дії запального фактору нами встановлено зростання вмісту внутрішньоклітинного Ca<sup>2+</sup> більш ніж у 2 рази в порівнянні з фізіологічним контролем, тоді як ініціація процесів неконтрольованої проліферації клітин супроводжувалась поступовим зниженням рівня цитозольного Ca<sup>2+</sup>. Аалогічні дані були отримані іншими авторами, які встановили зростання вмісту кальцію за умов дії апоптогенних чинників на тимоцити [1].

### **ВИСНОВКИ**

Таким чином, в результаті проведеної нами роботи було встановлено, що процеси розвитку виразкового коліту супроводжуються значним підвищенням рівня цитоплазматичного Ca<sup>2+</sup>, що може бути причиною порушення регуляторних внутрішньоклітинних процесів, які забезпечують нормальне функціонування клітин слизової оболонки товстого кишечника.

### **Список літератури**

1. Кальций – регулятор метаболизма /Сборник научных трудов под ред. М.А. Медведева.- Томск.:Мед. И-тут, 1997. - С.152.
2. Ткачук В. А. Мембранные рецепторы и внутриклеточный кальций // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7, №1. – С. 10-15.
3. Физико-химические основы патологии клетки / Под ред. Ю. А. Владимирова. – М.: МГУ, РГМУ, 1998. – 150с.
4. Гребінник Д. М. Кальцієвий гомеостаз на ранніх етапах апоптозу тимоцитів щурів // Автореф. дис.на здобуття наук ступ. к.б.н. – К.: КНУ ім. Т. Шевченка – 2005. – 20 с.
5. Carafoli E. Control of Ca<sup>2+</sup> signaling: focus on the plasma membrane Ca<sup>2+</sup> // Укр.біохім.журн. – 2005. – Т.77, № 2 (спеціальний випуск).
6. Grant C. Churchill, Monica M. Lurtz, and Charles F. Louis Ca<sup>2+</sup> regulation of gap junctional coupling in lens epithelial cells // Am J Physiol Cell Physiol. – 2002 . – Vol.281. – I. 3. – P. 972-C981,
7. Peter R. Holt, Nadir Arber, Balazs Halmos, Kenneth Forde Colonic Epithelial Cell Proliferation Decreases with Increasing Levels of Serum 25-Hydroxy Vitamin D // Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention – 2002 . – Vol. 11 – P. 113-119
8. Капля А.А., Хижняк С.В., Кудрявцева А.Г., Папагеоргакопулу Н., Осинский Д.С. Изоферменты Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-АТФ –азы и Ca<sup>2+</sup>- АТФ-азы в злокачественных новообразованиях // Укр. біохім. журн. – 2006. – Т.78, №1. – С. 29-39.
9. Pomorski P. Calcium signaling and cytoskeleton// Укр.біохім.журн. – 2005. – Т.77, № 2 (спеціальний випуск).
10. S. Krisanaprakornkit, D. Jotikasthira and B.A. Dale Intracellular Calcium in Signaling Human β-Defensin-2 Expression in Oral Epithelial Cells // J. Dent. Res. – 2003. – Vol. 82, №11. – P. 877-882.
11. Karl Kunzelmann and Marcus Mall Electrolyte Transport in the Mammalian Colon: Mechanisms and Implications for Disease // Physiological Reviews – 2002. – Vol. 82, No. 1. – P. 245-289.
12. Brooke Sayer, Jun Lu, Christina Green, Johan D Söderholm, Mahmood Akhtar and Derek M McKay Dextran sodium sulphate-induced colitis perturbs muscarinic cholinergic control of colonic epithelial ion transport // British Journal of Pharmacology. – 2002. – Vol. 135. – P.1794 – 1800.

13. Jian-Guo Wang, Dong-Fei Wang, Bing-Jian Lv, Jian-Min Si A novel mouse model for colitis-associated colon carcinogenesis induced by 1,2-dimethylhydrazine and dextran sulfate sodium // World J Gastroenterol. – 2004. – Vol.10, №20, - P.2958-2962.
14. Roediger W. E. W., Truelove S. C. Methods of preparing isolated colonic epithelial cells (colonocytes) for metabolic studies // Gut. – 1979. – Vol. 20. – P. 484-488.
15. Gryniewicz, G., M. Poenie, and R. Y. Tsien.. A new generation of  $\text{Ca}^{2+}$  indicators with greatly improved fluorescence properties. J. Biol. Chem. – 1985. – Vol. 260. – P. 3440-3450.

*Дробинская О.В., Кравченко О.А., Артеменко А. Ю., Остапченко Л.И. Сожержание цитоплазматического  $\text{Ca}^{2+}$  в колоноцитах крыс во время развития язвенного колита // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. - 2007. - Серия «Биология, химия». – Т. 20 (59), № 1. – С. 146-150.*

Исследовано содержание ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в цитозоле клеток толстого кишечника при развитии язвенного колита. Показано возрастание свободного внутриклеточного  $\text{Ca}^{2+}$  в 2 раза по сравнению с контролем. При этом наблюдались деструктивно-эрозивные повреждения слизистой оболочки толстого кишечника, которые сопровождались типичными симптомами язвенного колита. При действии канцерогена, влияющего на эпителиоциты соответствующей локализации, уровень  $\text{Ca}^{2+}$  превышал контрольные значения на 50%, 40% и 14% в соответствующие сроки исследования, что сопровождалось утолщением слизистой оболочки, а на 8-10 неделю аномальными новообразованиями, локализованными преимущественно в проксимальном отделе толстого кишечника.

**Ключевые слова:** цитоплазматический кальций, колоноциты, язвенный колит.

*Drobinskaya O.V., Kravchenko O.A., Artemenko O.Yu., Ostapchenko L.I. Cytoplasmic  $\text{Ca}^{2+}$  content in rat colonocytes under ulcerative collits development // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry". – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 146-150.*

Ion  $\text{Ca}^{2+}$  content was investigated in colonocyte cytosol under ulcerative colitis development. The increase of free endocellular  $\text{Ca}^{2+}$  in 2 times is shown in comparison with the control. Destructive-erosive injuries of colon mucosa and typical colitis symptoms were determined in the same conditions. At action of the carcinogen the level of  $\text{Ca}^{2+}$  exceeded control values on 50 %, 40 % and 14 % in corresponding terms of the research that was accompanied by a thickening of a mucous, and for 8-10 week abnormal local infiltrations, localized mainly in proximal colon.

**Keywords:** cytoplasmic  $\text{Ca}^{2+}$ , colonocytes, ulcerative collits.

Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского  
Серия «Биология, химия». 2007. Том 20 (59). № 1. С. 151-156.

УДК 616.33-002.44: 539.1.047

## ВПЛИВ ІНГІБІТОРІВ СИНТЕЗУ ОКСИДУ АЗОТУ НА ПРОЦЕСИ ВИРАЗКОУТВОРЕННЯ

*Дробінська О.В., Максимович Я.С., Остапченко Л.І.*

Досліджено вплив інгібіторів синтезу оксиду азоту на процеси виразкоутворення. Встановлено, що введення серотоніну викликає підвищення активності NO-синтази на 85% порівняно з контролем і спричинює розвиток значної кількості нейродистрофічних уражень. Застосування неселективного інгібітору NO-синтази L-NAME призводить до зниження активності ферменту на 26% порівняно з серотоніновою моделлю виразки. При цьому не було зареєстровано виразок, і відмічено зменшення кількості ерозій та їх довжини. Селективний інгібітор індукційної форми NO-синтази аміногуанідин у дозі 20мг/кг посилював ураження слизової, тоді як застосування селективного інгібітора нейрональної форми NO-синтази 7-нітроіндазолу спричинувало статистично достовірне зниження активності ферменту до рівня контрольних величин. Через 2 години після введення 7-нітроіндазолу утворення виразок та масивних крововиливів не спостерігалось.

**Ключові слова:** оксид азоту, виразкоутворення.

### ВСТУП

Експериментальними і клінічними дослідженнями останніх років показано, що основним уражуючим фактором при ульцерогенезі є ендотеліальна дисфункція, яка характеризується дисбалансом між факторами релаксації і констрикції. Наслідком цих процесів є порушення регіонального кровотоку, ішемія судин слизової оболонки шлунку, тканинна гіпоксія, що сприяє розвитку некрозу та ацидозу клітин епітелію, утворенню тромбів та крововиливів [1]. Однією із речовин, яка бере участь в регуляції тонуусу судин, сприяє вивільненню вазоактивних медіаторів із клітин ендотелію і забезпечує кровопостачання органів шлунково-кишкового тракту є оксид азоту (NO) [2]. Оксид азоту синтезується в організмі людини і тварин із L-аргініну за допомогою цитохром P-450-подібних гемопротеїнів NO-синтаз (NOS). По характеру індукції і фізіологічним властивостям вони розділені на два типи: I тип конститутивні ( $Ca^{2+}$ - і кальмодулін залежні), до яких відноситься нейрональна (nNOS) та ендотеліальна (eNOS) форми ферменту і II тип індукційна (цитокінзалежна) NO-синтаза, до якої відноситься макрофагальна (iNOS) форма ферменту [3]. При дії ацетилхоліну, брадікініну та інших агентів, які стимулюють реакції фосфатиділінозитолфосфатного регуляторного циклу відбувається активація конститутивної NO-синтази, що призводить до синтезу незначної кількості NO (пікомолі) протягом кількох хвилин. Під впливом імуногенних та прозапальних стимулів (інтерферон, інтерлейкін-1, фактор некрозу пухлин та ін.) відповідні клітини (макрофаги, нейтрофіли, моноцити, гепатоцити, фібробласти та ін.) продукують значно більшу кількість NO (наномолі) протягом кількох годин за рахунок підвищення активності індукційної форми ферменту [3]. На сьогоднішній день немає

остаточної думки про те, активація якої із цих ізоформ залучена до процесів виразкоутворення або цитопротекції.

Дані літератури щодо участі певних форм ферменту у розвитку виразкової хвороби доволі суперечливі. Так, було відмічено надмірну експресію iNOS на 1 – 2 другу добу після індукування виразки оцтовою кислотою, що співпадало зі збільшенням площі кратеру виразки [4], у той же час інші автори пояснюють такий характер експресії даної форми ферменту з ранніми процесами загоєння [5].

Метою роботи було оцінити вплив інгібіторів NO-синтази на процеси ульцерогенезу за умов експериментальної серотонінової моделі виразки шлунка у щурів.

## **МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ**

Експерименти проведені на 50 нелінійних білих щурах-самцях масою 180-200г. Щурів утримували на стандартному раціоні віварію. За добу до проведення експерименту тварини мали доступ лише до води. Серотонін вводили в/о в дозі 10 мг/кг за методом [6]. Неселективний інгібітор NO-синтази L-NAME (2,5мг/кг) [7] та специфічні інгібітори iNOS та nNOS – аміногуанідин (20мг/кг) [8] та 7-нітроіндазол (50 мг/кг) [9] вводили в/о за 5 хвилин до введення серотоніну. Через 2 години тварин декапітували і візуально досліджували стан слизової оболонки шлунку. Диференційно підраховували кількість ерозій, виразок, масивних крововиливів та довжину ерозій, площу виразок і масивних крововиливів. Ступінь ураженості слизової оболонки оцінювали із розрахунку на 1 шлунок. Слизову оболонку шлунка піддавали гомогенізації в трис-НСІ буфері (рН=7,4) у співвідношенні 1:10 при 0<sup>0</sup>С [10] і досліджували активність NO-синтази за методом [11]. Білок визначали за методом Лоурі. Статистичну обробку результатів проводили на IBM PC ET з використанням стандартних пакетів прикладних програм.

## **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

В результаті проведених досліджень, нами було встановлено, що через 2 години після введення серотонін спричиняв нейродистрофічні ураження в слизовій оболонці шлунку щурів. Ми реєстрували значну кількість виразок, ерозій і крововиливів в кількості 3,5; 2,6; 1,3 відповідно із розрахунку на 1 шлунок. Площа виразок і крововиливів становила 8,5 та 3,7 мм<sup>2</sup>, а довжина ерозій 5,2 мм (табл.).

Серотонінова модель виразки шлунку відома як ішемічна модель, яка виникає за рахунок вазоконстрикторних властивостей серотоніну, що задіяний в механізми скорочення гладеньких м'язів і є медіатором нервових процесів в ЦНС. У відповідь на вазоконстрикторний ефект серотоніну, відбувається генерація оксиду азоту, що проявляється у статистично значимому збільшенні активності NO-синтази на 85% (рис.).

Активація NO-синтази призводить до гіперпродукції оксиду азоту, надлишковий рівень якого може проявляти пошкоджуючу дію на клітини. Оксид азоту може бути агресивним фактором за рахунок своєї здатності при певних умовах пригнічувати циклооксигеназу, посилювати цитотоксичність пероксиду водню, ініціювати апоптоз клітин. NO реагує з клітинними залізовмісними білками (такими, як аконітаза циклу Кребса, комплекси I–III мітохондріального ланцюга переносу електронів) і шляхом S-нітрозилювання повністю їх

## **ВПЛИВ ІНГІБІТОРІВ СИНТЕЗУ ОКСИДУ АЗОТУ НА ПРОЦЕСИ ВИРАЗКОУТВОРЕННЯ**

інактивує. У присутності кисню утворюються активні інтермедіати NO (включаючи пероксинітрит ONOO<sup>-</sup>), що прямо проявляє цитотоксичну дію [12].

**Таблиця**  
**Вплив серотоніну і досліджуваних речовин на ураження слизової оболонки шлунку щурів. (n=40, M±m)**

Показники ураженості	Серотонін (10 мг/кг)	Серотонін (10 мг/кг) + L-NAME (2,5мг/кг)	серотонін (10 мг/кг) + аміногуанідин (20 мг/кг)	серотонін (10 мг/кг) + 7-нітроіндазол (50 мг/кг)
Кількість ерозій	2,6±0,68	0,7±0,21*	1,1±0,52	0
Довжина ерозій (мм)	5,18±0,95	1,15± 0,48*	2,36±1,98	0
Кількість виразок	3,46±0,93	0	1,84±0,58	0
Площа виразок (мм <sup>2</sup> )	8,48±3,10	0	20,45±8,0	0
Кількість крововиливів	1,27±0,52	1,1±0,40	6,6±1,34	0
Площа крововиливів (мм <sup>2</sup> )	3,68±1,02	6,35±1,13*	80±42,9	0

**Примітка:** \* різниця вірогідна в порівнянні з експериментальною моделлю виразки,  $p < 0,05$

Гіперпродукцією оксиду азоту також обумовлено інгібування гліцеральдегід – 3-фосфатдегідрогенази шляхом рибозилування і нітрозилування. Це призводить до гальмування гліколізу і, як наслідок, до порушення енергетичного метаболізму. Всі ці небажані ефекти опосередковані активацією NOS та надмірним виробленням NO, при якому проявляється цитотоксичний ефект оксиду азоту. Отримані нами дані свідчать, що в ураження слизової оболонки шлунка, викликаних серотоніном робить свій внесок і оксиду азоту. З літературних джерел відомо, що високі концентрації оксиду азоту не реалізують вазодилаторний ефект через активацію розчинної гуанілатциклази по гемзалежному механізму з накопиченням цГМФ. Навпаки, вони виявляють пряму цитотоксичну дію, зв'язуючись з супероксидним радикалом, утворюють пероксинітрит (ONOO<sup>-</sup>), який індукує ушкодження ДНК і мутації [13]. Надмірне генерування оксиду азоту NO-синтазою можна розглядати як додатковий цитотоксичний фактор ушкодження слизової оболонки шлунка щурів. У високих концентраціях оксид азоту є фактором ендогенної інтоксикації, що визначає його цитотоксичну дію і викликає загибель клітин і тканин за механізмами апоптозу і некрозу.

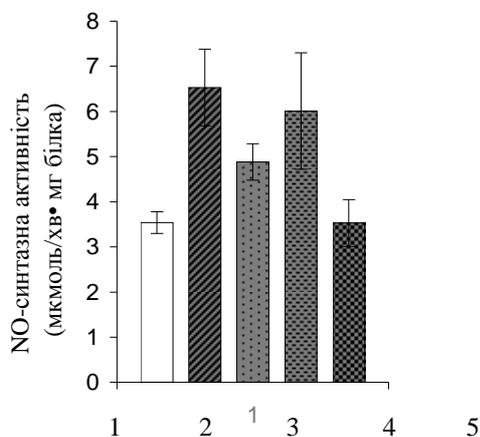


Рис. Активність NO-синтази в гомогенаті клітин слизової оболонки шлунку щурів за умов серотонінової моделі виразки і при введенні досліджуваних речовин.

1. контроль, n=10;
2. серотонін (10 мг/кг), n=10;
3. серотонін (10 мг/кг) + L-NAME (2,5 мг/кг), n=10;
4. серотонін (10 мг/кг) + аміногуанідин (20 мг/кг), n=10;
5. серотонін (10 мг/кг) + 7-нітроіндазол (50 мг/кг), n=10.

\* різниця вірогідна в порівнянні з контролем,  $p < 0,05$

\*\* різниця вірогідна в порівнянні з експериментальною моделлю виразки,  $p < 0,05$

Доказом цього є цитопротекторна дія на слизову оболонку шлунка щурів неселективного інгібітору NO-синтази L-NAME. Після введення L-NAME активність NO-синтази знижувалась на 26%. Нами не було зареєстровано виразок, встановлено статистично достовірне зменшення на 73% і 78% кількості ерозій і їх довжини, але площа крововиливів статистично значно збільшувалась на 72%.

Використання селективного інгібітору індукційної форми NO-синтази аміногуанідину призводило до незначного зниження активності ферменту. При цьому кількість ерозій і виразок зменшувалась на 58% і 47% відповідно, однак площа виразок збільшувалась у 2,4 рази, кількість масивних крововиливів підвищувалась у 5,2 рази, а їх площа – у 21,7 рази.

Можна припустити, що активація NO-синтази здійснюється за рахунок конститутивних форм синтази оксиду азоту, які проявляють свою активність тільки в присутності кальцію і кальмодуліну. Вазодилататорний ефект оксиду азоту реалізується через його взаємодію з цитозольним ферментом розчинною гуанілатциклазою, що призводить до її активації, зростання внутрішньоклітинного рівня циклічного гуанозинмонофосфату (цГМФ) та активації специфічного ферменту цГМФ-залежної протеїнкінази (G-кінази) [15].

Підвищення продукції NO відбувається пропорційно надходженню в цитоплазму іонів кальцію або ззовні, або із ендоплазматичного ретикулуму (при дії ацетилхоліну,

## **ВПЛИВ ІНГІБІТОРІВ СИНТЕЗУ ОКСИДУ АЗОТУ НА ПРОЦЕСИ ВИРАЗКОУТВОРЕННЯ**

брадікініну та інших агентів, стимулюючих реакції фосфатидилінозитолфосфатного циклу). Ефекти оксиду азоту залежать не лише від концентрації, але також і від місця його продукції, дифузії в клітинах і тканинах, утворення NO-вмісних сполук, взаємодії з реактивними формами кисню (особливо із супероксид-аніон радикалом).

Застосування селективного інгібітору нейрональної форми NO-синтази 7-нітроіндазолу спричинювало статистично достовірне зниження активності NO-синтази до рівня контрольних величин. Через 2 години після введення 7-нітроіндазолу утворення виразок та масивних крововиливів взагалі не спостерігалось.

Відомо, що нейрональна форма NO-синтази присутня у нітрергічних нейронах, які іннервують судини органів шлунково-кишкового тракту. Оксид азоту, який утворюється в результаті активації нейрональної форми NO-синтази задіяний в процеси регуляції тону судин як гальмівний нейромедіатор периферичної нервової системи [15]. Тому можна припустити, що надмірна активація nNOS призводить до сильної вазодилатації судин, порушенню кровотоку і гіпоксії. Крім того, нейрональна форма NO-синтази здатна продукувати і супероксидний радикал, який вступає в реакцію з оксидом азоту утворюючи пероксинітрит (ONOO<sup>-</sup>). Пероксинітрит не тільки здатний ушкоджувати ліпідне оточення іонних каналів мембран клітин і впливати на їх функцію шляхом нітрозилювання або окислення відповідних білків, але і безпосередньо проявляє вазодилаторні властивості, що призводить до незворотної релаксації гладеньких м'язів.

### **ВИСНОВКИ**

Таким чином, в результаті проведених досліджень, нами встановлено, що у складні механізми виразкоутворення, спричиненого серотоніном залучена нейрональна форма NO-синтази. Гіперпродукцію синтезу NO можна розглядати як один із основних цитотоксичних факторів ушкодження слизової оболонки шлунка щурів і прогресування виразкоутворення.

### **Список літератури**

1. Язвенная болезнь / Под ред. Ю.Ю. Елисеєва. – М.: КРОН-ПРЕСС, 2000. – 304 с.
2. Поленов С.А. Окись азота в регуляції функцій шлунково-кишкового тракту // Рос. журн. гастроентерології, гепатології, колонопроктології. – 1998. – Т.8, № 1. – С. 53–60.
3. Michel T., Feron O. Nitric Oxide Synthases: Which, Where, How, And Why // J. Clin. Invest. – 1997. – Vol. 100(9) - P. 2146–2152.
4. Guo J.S., Cho C.H., Wang W.P., Shen X.Z., Cheng C.L., Koo M.W.L. Expression and activities of three inducible enzymes in the healing of gastric ulcers in rats // World J Gastroenterol. – 2003.- Vol. 9, № 8. – P. 1767-1771
5. Tatemichi M., Ogura T., Sakurazawa N., Nagata H., Sugita M., Esumi H. Roles of inducible nitric oxide synthase in the development and healing of experimentally induced gastric ulcers // Int. J. Exp. Path. – 2003. - Vol. 84. – P. 213 – 220.
6. Dixit C., L.Rastogi., M. Dikshit. Effect of nitric oxide modulators on pylorus ligation induced ulcers in the rat // Pharmacol. Res. - 1999. - Vol.39. - P. 33-39.
7. Takeuchi K., Yasuhiro T., Asada Y., Sugawa Y. Role of nitric oxide in pathogenesis of aspirin-induced gastric mucosal damage in rats // Digestion – 1998. – V.59. – P. 298-307.
8. Takeuchi K., Hatazawa R., Tanigami M., Tanaka A., Ohno R., Yokota A. Role of endogenous nitric oxide (NO) and NO synthases in healing of indomethacin-induced intestinal ulcers in rats//Life Sciences . - 2007. – Vol. 80. – P. 329–336

9. Москвин А. Н., Жиляев С. Ю., Шарاپов О. И., Платонова Т. Ф., Гуцаева Д. Р., Косткин В. Б., Демченко И. Т. Мозговой кровоток модулирует нейротоксическое действие гипербарического кислорода с помощью нейронального и эндотелиального оксида азота // Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова. - 2002. - Т. 88, N 7. - С. 873-880.
10. Биологические мембраны. Методы / Под ред. Дж. Финдлея, У. Эванза. – М.: Мир, 1990. – 424 с.
11. Hevel J.M., White K.A., Marletta M.A. Purification of the inducible murine macrophage nitric oxide synthase // – 1991. – Vol. 266, № 34. – P. 22789 – 22791.
12. Маеда Х., Акаике Т. Оксид азота и кислородные радикалы при инфекции, воспалении и раке // Биохимия. – 1998. – Т. 63, № 7. – С. 1007-1019.
13. Lamarque D., Whittle B.J.R. Role of oxygen-derived metabolites in the rat gastric mucosal injury induced by nitric oxide donors // European Journal of Pharmacology. – 1995. – Vol.277. – P.187 - 194.
14. Северина И.С. Растворимая гуанилат циклаза в молекулярном механизме физиологических эффектов оксида азота // Биохимия. – 1998. – Т. 63, № 7. – С. 939-947.
15. Toda N., Herman A.G. Gastrointestinal Function Regulation by nitrergic Efferent Nerves // Pharmacol Rev. – 2005. -Vol. 57, No. 3. – P. :315–338

*Дробинская О.В., Максимович Я.С., Остапченко Л.И. Влияние ингибиторов оксида азота на процессы изъязвления* // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. - 2007. - Серия «Биология, химия». – Т. 20 (59), № 1. – С. 151-156.

Исследовано влияние ингибиторов синтеза оксида азота на процессы изъязвления, вызванного серотонином. Показано, что введение серотонина вызывает увеличение активности синтазы оксида азота на 85% по сравнению с контролем. Использование неселективного ингибитора NO-синтазы L-NAME (2,5мг/кг) ведет к снижению активности фермента на 26% в сравнении с серотониновой моделью язвы. При этом не было зарегистрировано язв, и отмечено уменьшение количества эрозий и их длины. Селективный ингибитор индуцибельной формы NO-синтазы амингуанидин в дозе 20 мг/кг не имел сильного влияния на активность фермента, но усиливал повреждения слизистой. Использование селективного ингибитора нейрональной формы NO-синтазы 7-нитроиндазола вызывало снижение активности фермента к контрольному уровню. Через 2 часа после введения 7-нитроиндазола образование язв, кровоизлияний и эрозий не наблюдалось.

**Ключевые слова:** оксид азота, изъязвление.

*Drobinska O., Maksymovych I., Ostapchenko L. Effects of inhibitors of nitric oxide on process of ulceration* // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry". – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 151-156.

Effects of inhibitors of nitric oxide synthesis on processes of ulceration induced by serotonin were studied. Serotonin provoked damages of gastric mucosa in 2 h after serotonin administration. The NOS activity increased by 85% in comparison with control animals. Usage of aminoguanidine resulted in significant enlargement of the ulcers and hemorrhages areas. NOS activity didn't differ from that after the serotonin administration. L-NAME treatment inhibited NOS activity by 25, and prevented ulcers and hemorrhages formation, but increased the hemorrhages area. 7-nitroindazole administration decreased NOS activity to control level and prevented ulcer injuries.

**Keywords:** nitric oxide, ulceration.

УДК 577. 2:616-006

## **ВПЛИВ САЛІЦИЛАТУ І ДИОКСИХОЛАТУ НАТРІЮ НА РІВЕНЬ ЕКСПРЕСІЇ БІЛКІВ ТЕПЛОВОГО ШОКУ HSP70 І HSP90 У КУЛЬТУРІ КЛІТИН РАКУ ШЛУНКА ЛЮДИНИ**

*Мандрик С.Я., Сидорик Л.Л., Погрібний П.В., Остапченко Л.І.*

На сьогоднішній день недостатньо вивчена участь білків теплового шоку у захисті слизової оболонки шлунка, зокрема, при дії нестероїдних протизапальних препаратів (ацетилсаліцилової кислоти, індометацину), жовчі, а, також, за умов розвитку різноманітних патологій органів шлунково-кишкового тракту. На клітинах раку шлунка досліджено експресію білків теплового шоку Hsp70 і Hsp90 за умов дії саліцилату і диоксихолату. Встановлено, що на 2-, 7- і 18-ту години рівень експресії Hsp70 в клітинах AGS підвищувався, тоді як рівень експресії Hsp90 залишався в межах контрольних значень. Показано індукуючий вплив саліцилату і диоксихолату натрію на експресію білка Hsp70.

**Ключові слова:** саліцилати, диоксихолат натрію, білки теплового шоку, рак шлунку.

### **ВСТУП**

Молекулярні шаперони Hsp70 і Hsp90 відіграють в клітинах важливу роль, беручи безпосередню участь у процесах фолдингу новосинтезованих білків. Окрім процесів фолдингу, дані білки задіяні у багатьох інших процесах у клітині. Так, білок Hsp70 забезпечує транспорт молекул новосинтезованих білків в окремі компартменти клітини, зокрема, в мітохондрії, бере участь у регуляції процесів апоптозу, відіграє важливу роль у деградації клітинних білків денатурованих під впливом різноманітних стресових факторів [1 - 3]. Щодо білка Hsp90, то, згідно з літературними даними, він є шапероном рецепторів стероїдних гормонів. Окрім цього, роль білка Hsp90 у процесах сигнальної трансдукції клітини підтверджується його участю у фолдингу ряду кіназ. Білки Hsp70 і Hsp90, як і всі білки теплового шоку, належать до білків, рівень експресії, яких зростає в умовах стресу спричиненого різноманітними факторами як зовнішнього, так і внутрішнього середовища організму [1]. Відомо, що Hsp70 і Hsp90, беруть участь у захисті слизової оболонки шлунка від дії оксидантів, нестероїдних протизапальних засобів, етанолу. Проте, до кінця роль цих білків у підтриманні цілісності слизової оболонки шлунка і кишковика не з'ясована [4 - 6].

Метою нашої роботи було дослідити вплив саліцилату натрію і диоксихолату натрію на експресію білків Hsp70 і Hsp90 в клітинах раку шлунка людини.

### **МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ**

В дослідях використали лінію ракових клітин шлунка людини AGS (отриману з банку клітин Інституту експериментальної патології, радіобіології і онкології НАН України). Клітини вирощували при 37°C у середовищі DMEM (Sigma-Aldrich), що містило 10 % сироватки великої рогатої худоби (Gibco BRL, Великобританія), в атмосфері 5 % CO<sub>2</sub>. Для культивування використовували пластикові флакони

(Nunc, Данія). При дослідженні впливу саліцилату натрію і диоксихолату натрію на рівні експресії Hsp70 і Hsp90, клітини AGS вирощували до 100 % моношару, за добу до дії стресу змінювали середовище на свіже, в якому здійснювали вплив стресу на клітини.

Препарат Hsp90, очищеного з мозку бика, люб'язно надано проф. Я. Кузницьким (Інтернаціональний інститут молекулярної і клітинної біології, Варшава, Польща). Поліклональні антитіла проти DnaK (прокаріотичний аналог еукаріотичного Hsp70) люб'язно надано проф. Н. Пфаннером (Університет м. Фрайбурга, Германія). Поліклональні анти-Hsp90 антитіла одержано, як описано в роботі [7].

Для приготування лізатів клітин використовували буфер, який містив 20 мМ Tris рН 7,5, 150 мМ NaCl, 1 % Triton X-100 і інгібітори протеаз. Зразки гомогенізували в буфері та центрифугували протягом 25 хв при 1300g при температурі +4°C. Визначення концентрації білка за методом Бредфорд проводили згідно з методикою описаною раніше з деякими модифікаціями [8].

Електрофорез отриманих лізатів клітин проводили у градієнті концентрації ПААГ (7-22%) в денатуруючих умовах по Laemmli [9]. Форез проводили в тріс-гліциновому буфері (рН 9,2-9,5) при напрузі 10-20 В/см [9].

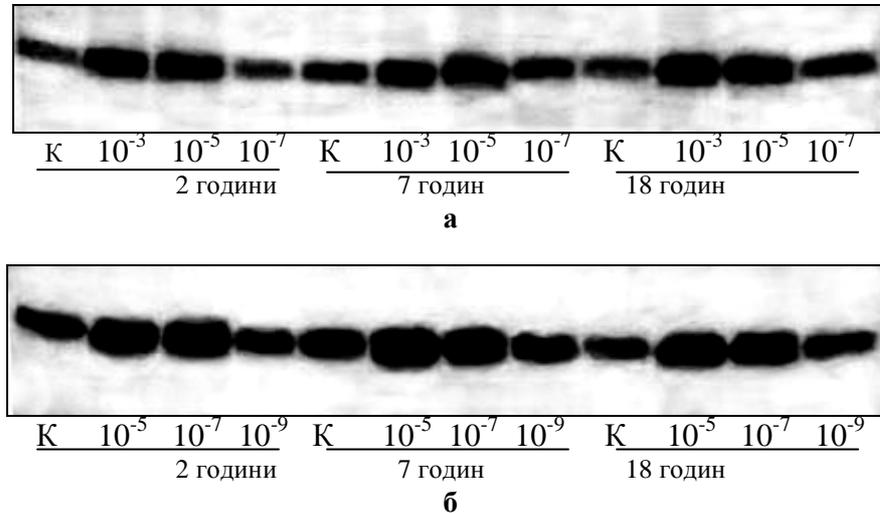
Імуноблотинг отриманих проб проводили за описаним методом [10]. Для електропереносу білків використовували мембрани нітроцелюлози (Hybond™-с super, Велика Британія). Електроперенос здійснювали в камері для електропереносу (В 2157, Sigma, США), у спеціальному середовищі, яке містило 25 мМ Tris, 192 мМ гліцину і 20 % метанолу, за умов 30 V 12-14 годин з використанням джерела постійного струму ПЕФ-3 (СРСР).

## **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

У проблемі з'ясування причин і механізмів розвитку певних типів хронічного гастриту людини важливу роль відіграють експериментальні моделі, а також результати досліджень, які проводяться на культурах клітин шлункового, чи кишкового походження. Слід зазначити, що, відповідно до нової класифікації хронічних гастритів ("Сіднейська система"), поряд з відносно поширеними НР-залежним і аутоімунним гастритами, виділяють також рефлюкс-гастрит [11]. До рефлюкс-гастриту був віднесений і хронічний гастрит (ХГ), який виникає на ґрунті прийому нестероїдних протизапальних засобів, зокрема, ацетилсаліцилової кислоти і її похідних [11, 12, 13]. Роль білків теплового шоку в умовах розвитку рефлюкс-гастриту, як і інших форм ХГ, залишається до кінця нез'ясованою. Раніше нами було показано, що під час розвитку експериментального хронічного атрофічного гастриту (ХАГ) у шурів, експресія білків Hsp70 і Hsp90 в паріетальних клітинах підвищується вже на 1-ший тиждень розвитку патології.

Дослідження експресії білка Hsp70 у клітинах AGS за дії СЦ (в концентраціях  $10^{-3}$ ,  $10^{-5}$  і  $10^{-7}$  М) і ДОХ (в концентраціях  $10^{-5}$ ,  $10^{-7}$  і  $10^{-9}$  М), показало, що рівень експресії Hsp70 підвищувався приблизно у 1,5-2 рази порівняно з контролем при дії СЦ (рис. 1). Збільшення рівнів експресії Hsp70 в клітинах під впливом СЦ в вищепказаних концентраціях не залежало від часу після дії стресу на клітини. Таким чином, як видно з Рис. 1, а, рівень експресії Hsp70 за дії СЦ зростає протягом перших двох годин після дії стресу і залишається стабільно високим до 18-тої години інкубації клітин з СЦ.

**ВПЛИВ САЛІЦИЛАТУ І ДИОКСИХОЛАТУ НАТРІЮ НА РІВЕНЬ  
ЕКСПРЕСІЇ БІЛКІВ ТЕПЛОВОГО ШОКУ HSP70 І HSP90 У КУЛЬТУРІ КЛІТИН**



**Рис. 1.** Експресія Hsp70 в клітинах AGS за умов дії стресових чинників: (а) – саліцилату натрію і (б) диоксихолату натрію.

Схожа часова і концентраційна залежність рівнів експресії Hsp70 в клітинах AGS спостерігалась і при дії ДОХ (рис. 1, б). Рівень експресії Hsp70 підвищувався на 2-, 7- і 18-ту години стресу спричиненого впливом ДОХ в концентраціях  $10^{-5}$  і  $10^{-7}$  М. ДОХ в концентрації  $10^{-9}$  М, як і СЦ в концентрації  $10^{-7}$  М, не змінювали рівень експресії Hsp70 в порівнянні з контролем (рис. 1).

З літературних джерел відомо, що тривале вживання нестероїдних протизапальних засобів викликає появу ерозій і геморагій слизової оболонки шлунка. Прийом протягом року ацетилсаліцилової кислоти, її похідних, зокрема, індометацину, ібупрофену та інших лікувальних засобів у середніх терапевтичних дозах супроводжується закономірною появою ерозивно-геморагічних змін слизової оболонки шлунка у 85 % хворих [11]. Відомо, що саліцилова кислота може безпосередньо пошкоджувати клітини слизової оболонки шлунка. Дія диоксихолату дещо схожа на дію жовчних кислот [12]. Таким чином, результати по підвищенню експресії Hsp70 за умов дії СЦ та ДОХ в ракових клітинах AGS можуть вказувати на участь даного білка у захисті клітин слизової оболонки шлунка в умовах розвитку рефлюкс-гастриту.

У клітинах еукаріот є два основних білка теплового шоку з молекулярною масою близько 70 кДа – це конститутивний білок Hsp73 (Hsc70) і індукцйбельний Hsp72 (Hsp70). Численними дослідженнями як на тваринах, так і на культурах клітин шлунка і кишковика, показано, що обидва білки відіграють важливу роль у захисті слизової оболонки шлунково-кишкового тракту від дії несприятливих факторів [1, 4, 5, 6]. Зокрема, рівні експресії Hsp73 і Hsp72 в клітинах слизової оболонки шлунка, які росли в культурі, підвищувались у відповідь на дію оксидантів (пероксиду водню, діаміду), етанолу, а, також, при підвищенні температури живильного середовища до  $43^{\circ}$  С. Відомо, що в індукції транскрипції генів, які кодують білки Hsp72 і Hsp73, в стресових умовах бере участь транскрипційний фактор HSF1. Згідно з даними літератури, активація HSF1 в

клітинах слизової оболонки шлунка в умовах підвищення температури живильного середовища до 43° С відбувається вже через 15 хвилин і досягає максимальних значень на 30-ту хвилину від початку дії стресу. Натомість, рівень мРНК індукібельного білка Hsp72, за даних стресових умов, зростає на 30-ту хвилину і досягає максимальних значень в кінці першої години від початку стресу. Проте, вже на 2-гу годину рівень мРНК Hsp72 різко знижувався і на 4-ту годину майже не ідентифікувався, як і в контрольних клітинах [4]. Нами було показано, що рівень експресії Hsp70 в клітинах AGS після стресу СЦ і ДОХ зростає на 2-гу годину, що узгоджується з літературними даними (рис. 1). Високий рівень експресії Hsp70 після дії СЦ і ДОХ в концентраціях 10<sup>-3</sup>, 10<sup>-5</sup> і 10<sup>-5</sup>, 10<sup>-7</sup> М, відповідно, зберігався впродовж 18 годин від початку стресу. Беручи до уваги літературні дані по динаміці рівня мРНК Hsp70, можемо припустити, що основна кількість білка Hsp70 в умовах дії стресорних факторів (СЦ і ДОХ) в клітинах слизової оболонки шлунка синтезується протягом перших двох годин від початку стресу. Проте, очевидно, це потребує подальших досліджень.

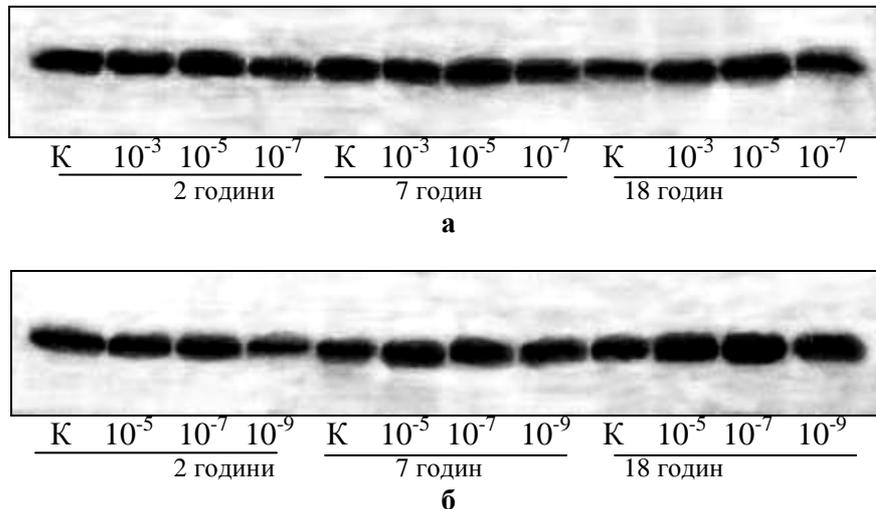


Рис. 2. Експресія Hsp90 в клітинах AGS за умов дії стресових чинників: (а) - саліцилату натрію і (б) - диоксихолату натрію.

Сьогодні практично не з'ясовано є роль білка Hsp90 у захисті клітин слизової оболонки шлунка і кишковика в розвитку хронічного гастриту й інших захворювань шлунково-кишкового тракту досліджена набагато гірше ніж роль білка Hsp70. Відомо, як і для Hsp70, що рівень експресії Hsp90 в клітинах слизової оболонки шлунка зростає у відповідь на підвищення температури живильного середовища (для культури клітин), а, також, на дію ряду речовин, зокрема, етанолу, пероксиду водню, діаміду та інших [1, 4-6].

Нами було досліджено рівень експресії Hsp90 в клітинах AGS за умов стресу спричиненого дією СЦ і ДОХ (рис. 2). Показано, що даний показник не змінювався. Отримані результати дозволяють припустити, що шаперон Hsp90 може відігравати менш значиму роль у захисті ракових клітин шлунка від дії саліцилату і диоксихолату, ніж Hsp70.

## **ВПЛИВ САЛЦИЛАТУ І ДИОКСИХОЛАТУ НАТРІЮ НА РІВЕНЬ ЕКСПРЕСІЇ БІЛКІВ ТЕПЛОВОГО ШОКУ HSP70 І HSP90 У КУЛЬТУРІ КЛІТИН**

### **ВИСНОВКИ**

Таким чином, нами було показано, що рівні експресії Hsp70 у клітинах раку шлунка підвищується при дії салцилату в концентраціях  $10^{-3}$  і  $10^{-5}$  М і диоксихолату в концентраціях  $10^{-5}$  і  $10^{-7}$  М. Збільшення рівня експресії Hsp70 спостерігалось на 2-, 7- і 18-ту години від початку стресу. На відміну від Hsp70, рівень експресії Hsp90 не змінювався в умовах стресу спричиненого дією салцилату і диоксихолату. Отримані експериментальні дані дозволяють припустити, що білок Hsp70 задіяний у захисті клітин AGS від дії досліджуваних стресорних факторів.

### **Список літератури**

1. Fink A.L. Chaperone-mediated protein folding // Phys. Rev.- 1999.- Vol. 79, №2.- P. 425-449.
2. Oksala N.K.J., Oksala A., Paavonen T., Alhava E., Paimela H. Heat shock preconditioning modulates proliferation and apoptosis after superficial injury in isolated guinea pig gastric mucosa via an eicosanoid and protein synthesis-dependent mechanism // APMIS.- 2003.- Vol. 111. - P.497-506.
3. Eggers D.K., Welch W.J., Hansen W.J. Complexes between nascent polypeptides and their molecular chaperones in the cytosol of mammalian cells // Moll. Biol. Cell. - 1997.- Vol. 8. - P. 1559-1573/
4. Rokutan K. Gastric mucosal protection and cell proliferation. Role of heat shock proteins in gastric mucosal protection // J. Gastroenterol. Hepatol.- 2000.- Vol. 15.- P.12-19.
5. Tsukimi Y., Nakai H., Itoh S., Amage K., Okabe S. Involvement of heat shock proteins in the healing of acetic acid-induced gastric ulcers in rats // J. Physiol. Pharmacol. - 2001.- Vol. 52, №3.- P. 391-406.
6. Tsukimi Y., Okabe S. Recent advances in gastrointestinal pathophysiology: role of heat shock proteins in mucosal defense and ulcer healing // Biol. Pharm. Bull. - 2001.- Vol. 24, №1. - P.1-9.
7. Капустян Л.Н., Киямова Р.Г., Гришкова В.С., Терентьев А.Г., Филоненко В.В., Сидорик Л.Л. Получение рекомбинантного шаперона GroEL и его иммунологическая кросс-реактивность с Hsp60 // Биополимеры и клетка. - 2006. - Т.2, №22. - С. 117-120.
8. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for quantities of utilizing the principle of protein binding // Anal. Biochem. - 1976.- Vol. 86. - P. 193-200.
9. Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the bacteriophage T4 // Nature.- 1970.- 227, №52. - P.680-685.
10. Avrames S., Termynck T. Monoclonal IgG and autoantibodies obtained after polyclonal activation, show reactivities similar to those of polyclonal natural autoantibodies // Mol. Immunol.- 1993.- Vol. 30.- P. 119-127.
11. Григор'єв П.Я., Стародуб Є.М., Яковенко Е.П., Гаврилюк М.Є., Шостак С.Є. Хвороби органів травлення (Діагностика і лікування) // Тернопіль, "Укрмедкнига"- 2000. – 220 с.
12. Wang L.-J., Chen S.-J., Chen Z., Cai J.-t., Si J.-M. Morphological and pathologic changes of experimental chronic atrophic gastritis (CAG) and regulating mechanism of protein expression in rats// J. Zhejiang Univ. SCIENCE B- 2006.- № 7(8).- P. 634-640.
13. Fox J.G., Wang T.C. Inflammation, atrophy, and gastric cancer // J. Clin. Inv.- 2007.- Vol. 117, №1.- P. 60-69.
14. Ciocca D.R., Calderwood S.K. Heat shock proteins in cancer: diagnostic, prognostic, predictive, and treatment implications // Cell Stress Chaperones.- 2005.- № 10(2).- P. 816-103.

*Мандрык С.Я., Сидорик Л.Л., Погребной П.В., Остапченко Л.И. Влияние салицилата и диоксихолата на урони экспрессии белков HSP70 и HSP90 в культуре клеток рака желудка человека // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. - 2007. - Серия «Биология, химия». – Т. 20 (59), № 1. – P. 157-162.*

До сих пор очень мало известно о роли белков теплового шока в защите слизистой оболочки желудка, особенно, в условиях действия нестероидных противовоспалительных препаратов (ацетилсалициловой кислоты, индометацина), желчи, а также, в условиях развития различных заболеваний желудочно-кишечного тракта. В данной работе мы использовали клетки рака желудка человека как модель для изучения уровней экспрессии белков Hsp70 и Hsp90 в условиях действия салицилата и диоксихолата. Уровень экспрессии

Hsp70 в клетках AGS повышался на 2-, 7- и 18-тый час стресса. В отличие от Hsp70, уровень экспрессии белка Hsp90 в данных стрессовых условиях не менялся. Таким образом, показано индуцирующее влияние салицилата и диоксихолата на экспрессию белка Hsp70.

**Ключевые слова:** салицилаты, диоксихолат натрия, белки теплового шока, рак желудка.

**Mandryk S., Sidorik L., Pogrebnoy P., Ostapchenko L. Influence of salicylate and deoxyholate on HSP70 and HSP90 expression level in human gastric cancer cell cultures** // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry". – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 157-162.

It is still little known about precise role of Hsp in gastric mucosa, especially upon action of nonsteroidal anti-inflammatory drugs (acetylsalicylate, indomethacin), bile, as well as during different stomach disorders. In our work human gastric cancer cells were used in order to elucidate Hsp70 Hsp90 expression levels upon salicylate and deoxyholate influence. It was observed increasing in Hsp70 expression in cells which were stressed by salicylate and deoxyholate on 2-, 7- and 18-th hours of stress. However, there were no changes in Hsp90 expression patterns upon these stress conditions. So, it is obviously that salicylate and deoxyholate induce Hsp70 expression.

**Keywords:** salicylate, deoxyholate, heat shock proteins, gastric cancer.

**УДК 616.992.211**

## **РЕГІОНАЛЬНІ ВІДМІННОСТІ МІКРОБНОГО ПЕЙЗАЖУ ПО ЧАСТОТІ ЗУСТРІЧАЄМОСТІ ТА КІЛЬКІСНОМУ СКЛАДУ МІКРОБНИХ АСОЦІАЦІЙ ІЗОЛЬОВАНИХ ВІД ХВОРИХ НА РИНОСИНУСИТИ В АР КРИМ**

*Тверезовський М.В.*

Вивчена регіональна відмінність мікробного пейзажу по частоті зустрічаємості та кількісному складу мікробних асоціацій ізольованих від хворих на риносинусити в АР Крим. Відмічене превалюювання багатокомпозиційних систем: в Ялті – чотирьохкомпозиційна (34,46%), Керчі – двохкомпозиційна (46,00%), в Сімферополі – трьохкомпозиційна (42,25%).

**Ключові слова:** оториноларингологічна патологія, регіональні відмінності, мікробний пейзаж

### **ВВЕДЕННЯ**

Політика застосування антибіотиків в лікувальній практиці залишається непереборною і невирішеною проблемою, не зважаючи на наявність величезного арсеналу антибактеріальних препаратів. Загально відомо, що етіологічно виважене призначення антибактеріальних препаратів вимагає проведення мікробіологічної діагностики, за результатом якої, тільки через 24-72 години, можливий результат з даними антибіотикорезистентного профілю збудника. Знання імовірних мікробних збудників або їх асоціацій прискорить призначення найбільш оптимального етіологічного антибіотика, що буде мати більш ефективний клінічний та економічний результати в лікувальній практиці.

Розвиток транспорту, розширення міжнародних зв'язків, активізація міграції, пересування населення сприяє набуттю мікробних ценозів певних територій нових якостей за рахунок їх оновлення, що робить неможливим використання одних і тих же антибіотиків в протоколах лікування нозологічних форм захворювань, в тому числі і при риносинуситах.

Гострий синусит (риносинусит) залишається одним з найпоширеніших патологій ЛОР-органів, який зустрічається практично у всіх вікових групах і приводить до серйозних ускладнень і економічних збитків [1, 2]. В структурі хворих в ЛОР-стаціонарах хворі з гострим гнійним синуситом складають майже 20% [3]. Більше 25% дорослого населення страждає на риносинусити, зокрема більше 5-15% тією або іншою формою гострого синуситу, а більше 10% хронічними формами [4, 5]. Приріст захворюваності щорічно складає 1,5-2% [6]. За наявною статистикою 50% дітей з синуситами продовжують хворіти в дорослому віці [7].

Знання потенційного збудника захворювання з даними антимікробного профілю, який циркулює на певній території, його стабільності в складі біологічної системи та ймовірної зміни буде сприяти виваженій політиці застосування антибіотиків при

риносинуситах, особливо для емпіричної терапії, і дозволить формування фармакоепідеміологічного реєстру, складання паспорту.

Мета дослідження. Встановлення регіональних відмінностей мікробного пейзажу по частоті зустрічаємості та кількісного складу мікробних асоціацій ізольованих при від хворих на риносинусити в АР Крим. Місцем проведення зазначених досліджень обрали територію АР Крим, яка є унікальною кліматогеографічною і екологічною системами, що включає регіони з відмінними кліматичними характеристиками і різним ступенем антропогенного навантаження [8, 9]. Дослідження проводили в найбільш густонаселених пунктах АР Крим: Сімферополі, Ялті, Євпаторії, Керчі, Джанкої, Красноперекопську.

### **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ**

Проаналізовано 1362 штами мікроорганізмів і 92 штами мікроскопічних грибів, ізольованих від 534 хворих на риносинусити на території АР Крим.

Забір матеріалу з порожнини носу здійснювали сухим стерильним ватним тампоном і засівали відділяємо на тверді та рідкі загальновідомі комерційні поживні середовища [10, 11].

Бактеріологічні і мікологічні дослідження проводили відповідно до діючих інструктивно-методичних документів, з урахуванням даних сучасної літератури [12-14].

На підставі отриманих результатів при обстеженні хворих на риносинусити, що живуть в різних районах АР Крим, проводили порівняльний аналіз складу мікробних біоценозів.

### **РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ**

Всього від 534 обстежених осіб у 6 містах АР Крим виділено 1362 штами бактерій і 92 штами мікроскопічних грибів. Від хворих виділялися як монокультури, так і мікробні асоціації, які мали від 2-х до 5-ти різних штамів мікроорганізмів. Мікроскопічні гриби виділяли тільки у складі мікробних асоціацій: в основному, в 3-х, 4-х і 5-компонентних, рідше – в 2-х компонентних. У монокультурах гриби не були ізольовані.

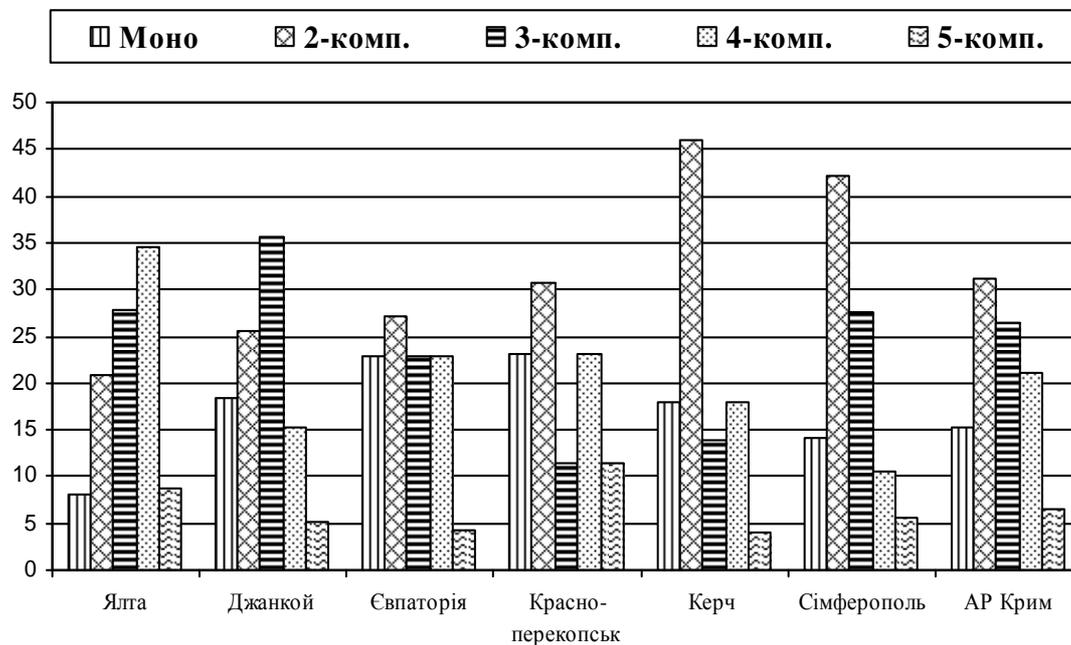
За результатами аналізу мікробні асоціації в порівнянні з монокультурами найчастіше виділялися в містах Ялта (91,89%) та Сімферополь (85,9%) випадках, тобто в крупних населених центрах. На друге місце по частоті виділення асоціацій можна помістити групу міст Керч і Джанкой – невеликі населені пункти, де мікробні асоціації визначалися у 82,00% та 81,63% випадках відповідно. В Красноперекопську та Євпаторії відмічена тенденція до зниження кількості ізольованих асоціацій, які склали 76,99% та 77,14%.

Спостерігається відмінність кількісного складу мікробних асоціацій, ізольованих від хворих на риносинусити, в досліджених регіонах АР Крим.

Так, в Ялті відмічена найбільша частота виділення багатокомпонентних: трьох (27,70%), чотирьох (34,46%), п'яти (8,78%) компонентних мікробних асоціацій. В Джанкої найбільш часто, в порівнянні з іншими містами, де проводилися дослідження, зустрічалися трьохкомпонентні асоціації (35,71%).

Дані частоти виділення монокультур та мікробних асоціацій від хворих на риносинусити в залежності від населених пунктів АР Крим, наведено на рис. 1.

**РЕГІОНАЛЬНІ ВІДМІННОСТІ МІКРОБНОГО ПЕЙЗАЖУ ПО ЧАСТОТІ ЗУСТРІЧАЄМОСТІ ТА КІЛЬКІСНОМУ СКЛАДУ МІКРОБНИХ АСОЦІАЦІЙ В АР КРИМ**



**Рис. 1.** Частота виділення (%) монокультур та мікробних асоціацій від хворих на риносинусити в різних регіонах АР Крим

Аналіз даних, представлених на рис. 1, вказує на відмінність кількісного складу мікробних асоціацій, ізольованих в окремих містах, а також відмінність відповідно до середніх показників по АР Крим в цілому.

Для Євпаторії характерно практично рівнозначні показники виділення монокультур (22,86%), двох (27,14%), трьох (22,86%), чотирьохкомпонентних асоціацій (22,86%), при цьому відмічено один з найменших показників асоціацій (виключно місто Керч) зустрічаємості п'ятикомпонентних асоціацій (4,29%). В Красноперекопську превалюювали монокультури (23,01%), двох (30,77%), чотирьохкомпонентні асоціації (23,01%). Трьохкомпонентні асоціації зустрічалися майже в двічі меншій кількості (11,54%), в той же час цей показник рівний показнику зустрічаємості п'ятикомпонентних асоціацій. Для міста Керч, при майже східних показниках зустрічаємості монокультур (18,00%), трьох (14,00%) та чотирьохкомпонентних асоціацій (18,00%), в значному відсотку (46,00%) превалюювали двохкомпонентні ценози.

В Сімферополі двохкомпонентні системи також займали превалююче положення (42,25%) на фоні відносно незначного показника ізольованих монокультур (14,10%). Поряд з тим відмічається достатньо високий показник виділення трьохкомпонентних асоціацій (27,47%).

Порівняння кількісного складу мікробних ценозів в окремих містах з середніми показниками по АР Крим виявляє зіставленість за окремими видами асоціацій. У той же час, в цілому, по кількісному складу мікробні асоціації, ізольовані від хворих на риносинусити в різних містах мали певні відмінності, як між собою так і з усередненими показниками по АР Крим.

Враховуючи велику частку хронізації захворювань на риносинусити, яка як правило, супроводжується виділенням мікробних асоціацій, на наш погляд потребує якісного та кількісного аналізу їх складу. При цьому, характер взаємодії мікробних субпопуляцій в мікробних системах є окремим науковим завданням.

## **ВИСНОВКИ**

1. Відмічається регіональна відмінність мікробного пейзажу по частоті зустрічальності та кількісному складу мікробних асоціацій ізольованих від хворих на риносинусити в АР Крим.

2. В цілому превалюють багатокомпозиційні системи. Найвищі показники частоти виділення таких систем зареєстровані в Ялті – чотирьохкомпозиційна (34,46%), Керчі – двохкомпозиційна (46,00%), в Сімферополі – трьохкомпозиційна (42,25%). По виділенню монокультур найвищий показник належить Євпаторії та Красноперекопську в 23,01% та 22,86% випадках відповідно.

3. В усіх містах АР Крим, де проводилися дослідження, частота виділення монокультур та різних асоціацій була достатньо різноманітною. Окрім міста Євпаторія, де частота виділення як монокультур так і багатокомпонентних систем була майже рівною і складала (від 22,86% до 27,14%), окрім п'ятикомпонентної композиції, частота виділення якої дорівнювала 4,29%.

Таким чином, встановлені відмінності свідчать про доцільність проведення моніторингу на регіональному рівні з подальшим використанням одержаних результатів при виборі тактики лікування та оцінки його ефективності.

## **Список літератури**

1. Янов Ю.К, Кочеровец В.И., Рязанцев С.В. Стандарты лечения острых синуситов // Российская оториноларингология. – 2006. – № 6(25). – С.86 – 90.
2. Пискунов С.З. Бактериологические и вирусологические исследования синуситов в полости носа при хроническом рините // Вестник оториноларингологии. - 1986.– № 2.– С.49–52.
3. Magni L., Berg M. Susceptibility of pathogens from acute maxillary sinusitis isolated by antrise aspiration // 4-th Europ/Congress Clin. Microb-Nice, 1989. – P.163.
4. Елинов Н.П. Candida species и кандидемия состояние и проблемы (обзор) // Проблемы медицинской микологии.–2000. – Т.3.–№ 1. – С.4 – 15.
5. Жуховицкий В.Г. Бактериологическое обоснование рациональной антибактериальной терапии в отоларингологии // Вестник оториноларингологии. – 2002. – № 1. – С.5 – 14
6. Лучшева Ю.В., Истратов В.Г., Жуховицкий В.Г. Микробиологические аспекты рациональной антибиотикотерапии в раннем послеоперационном периоде при хроническом гайморитомидите и тонзиллите // Вестник оториноларингологии. – 2004. – № 1. – С.44 – 48.
7. Крюков А.И., Сединкин А.А., Алексанян Т.А. Лечебно-диагностическая тактика при остром синусите // Вестник оториноларингологии. – 2002. -5. – С.51 – 56.
8. Багров Л.А., Боков В.А, Багров Н.В. География Крыма. Киев, «Льбидь»,2001. – С. 300
9. Багрова Н.В., Бокова В.А. Экология Крыма. Справочное пособие. – 2003. – С. 360.
10. Зубков М.Н. Сбор, транспортировка биологического материала и трактовка результатов микробиологического исследования // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. – 2004. – Т.6, № 2. – С. 143 – 154
11. Носуля Е.В., Ким И.А. Воспаление и его роль в течение синуситов: современная патогенная терапия // Вестник оториноларингологии. – 2005. – № 4(17). – С. 20.

## **РЕГІОНАЛЬНІ ВІДМІННОСТІ МІКРОБНОГО ПЕЙЗАЖУ ПО ЧАСТОТІ ЗУСТРІЧАЄМОСТІ ТА КІЛЬКІСНОМУ СКЛАДУ МІКРОБНИХ АСОЦІАЦІЙ В АР КРИМ**

---

12. Приказ МОЗ СССР № 535 от 22 апреля 1985 года „Об унификации микробиологических (бактериологических) методов исследования, применяемых в клиничко-диагностических лабораториях лечебно-профилактических учреждений”, 1985.
13. Сергеев А.Ю., Сергеев Ю.В. Грибковые инфекции. - М.: Бином, 2003 – 439 с.
14. Определитель бактерий Берджи/Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита и др. // Девятое издание в 2-х томах.

***Тверезовский М.В.*** Региональные отличия микробного пейзажа по частоте встречаемости и количественному составу микробных ассоциаций изолированных от больных риносинуситами в АР Крым // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. - 2007. - Серия «Биология, химия». – Т. . 20 (59), № 1. – С. 163-167.

Изучены региональное отличие микробного пейзажа по частоте встречаемости и количественному составу микробных ассоциаций изолированных от больных риносинуситами в АР Крым. Отмечено превалирование многокомпозиционных систем: в Ялте – четырехкомпозиционная (34,46%), Керчи – двухкомпозиционная (46,00%), в Симферополе – трехкомпозиционная (42,25%).

***Ключевые слова:*** оториноларингологическая патология. региональные отличия, микробный пейзаж.

***Tverezovskiy M.V.*** Regional differences of microbial landscape on frequency of met and quantitative composition of microbial associations of isolated from the patients with rinosinusitis in AR Crimea . 20 (59), № 1. – P. 163-167.

Trained regional difference of microbial landscape on frequency of met and quantitative composition of microbial associations of isolated from the patients with rinosinusitis in AR Crimea. Marked predomination of the multicomposition systems: in Yalta is four-composition (34,46%), Kerch is two-composition (46,00%), in Simferopol is three-composition (42,25%).

***Keywords:*** otolaringologic pathology. regional differences, microbial landscape.

УДК 591.18: 615.849.11

## ИНФРАДИАННАЯ РИТМИКА БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

*Джелдубаева Э.Р., Чуян Е.Н.*

В данной работе показано, что низкоинтенсивное электромагнитного излучения крайне высокой частоты (7,1 мм, 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) модифицирует инфранианную ритмику болевой чувствительности при действии болевого фактора, оказывая нормализующее и корригирующее действие, что проявляется в изменении структуры ритмических процессов и является признаком адаптационных реакций организма к длительному болевому стрессу.

**Ключевые слова:** низкоинтенсивное электромагнитного излучения крайне высокой частоты, инфранианная ритмика, тест электростимуляции, болевой порог.

### ВВЕДЕНИЕ

Многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что физиологическим показателям жизнедеятельности организма человека и животных присущ широкий спектр инфранианной ритмичности, играющей важную адаптивную роль. Так, ритмические колебания инфранианного диапазона обнаружены в колебаниях артериального давления, частоты сердечных сокращений, деятельности кардио-респираторной системы и мышечной силы [1 – 3], интенсивности энергетического и пластического обменов [1, 3, 4], динамике массы и температуры тела [1, 3, 5], в изменении функционального состояния ЦНС и нервно-мышечной системы [1, 3], физической работоспособности и настроения [6], в показателях цикличности нейроэндокринной системы [7], в содержании в крови эритроцитов и лейкоцитов [8], а также фагоцитарной активности нейтрофилов и уровне неспецифического иммунитета [9, 10]. В работе Н.А. Темурьянц и соавт. [11] описана инфранианная ритмика температуры и массы тела, суточного объема мочи, ферментативной активности лимфоцитов, моторной активности в тесте «открытое поле» у интактных и эпифизэктомированных крыс. Вместе с тем показано, что факторы разной природы и интенсивности (гипокинетический стресс, слабое переменное магнитное поле сверхнизкой частоты (8 Гц)) способны модифицировать инфранианную ритмику различных физиологических процессов [12 – 14]. В наших предыдущих исследованиях [15] способность низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) корригировать ритмику физиологических процессов при десинхронозах, вызванных развитием стресс-реакции. Однако неизученным остается влияние ЭМИ КВЧ (длина волны 7,1 мм, плотность потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) на изменение инфранианной ритмичности болевой чувствительности у крыс, что и явилось целью данного исследования.

## **ИНФРАДИАННАЯ РИТМИКА БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ**

### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Экспериментальные 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 [16] и литературным данным [17], преобладают в популяции. Поэтому можно утверждать, что именно у этих животных развивается наиболее типичная реакция на любое воздействие.

Экспериментальных животных разделили на две равноценные группы по десять особей в каждой. Животных первой (ТЭС) и второй (КВЧ+ТЭС) групп подвергали воздействию болевого фактора в тесте электростимуляции (отдергивание лапы, hind paw withdrawal test) для определения болевого порога (БП) ежедневно с 8<sup>00</sup> до 11<sup>00</sup> в течение 40-ка суток эксперимента. При этом крысу помещали в камеру из оргстекла 20x30x20 см, пол у которой был изготовлен из медной проволочной площадки, через которую пропускали электрический ток с помощью генератора импульсов Г5-82 (свидетельство о поверке № 024537 от 14.07.2007), генерирующего прямоугольные одинарные импульсы длительностью 10 мс с частотой 40 Гц. БП регистрировали по реакции отдергивания конечности или подскока по силе (в амперах) и напряжению (в вольтах) тока. БП измеряли три раза подряд с интервалом в три минуты, затем вычисляли среднее арифметическое из трех значений.

Крысы второй группы (КВЧ+ТЭС) непосредственно перед тестированием подвергались превентивному воздействию низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (длина волны 7,1 мм, плотность потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup>), изготовленного Центром радиофизических методов диагностики и терапии «РАМЕД» Института технической механики НАНУ, г. Днепропетровск (регистрационное свидетельство № 783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине). Воздействие осуществляли на затылочно-воротниковую область в течение 30-ти минут.

Продолжительность периодов (сутки) и амплитудно-фазовые характеристики показателя болевой чувствительности рассчитаны 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 [18].

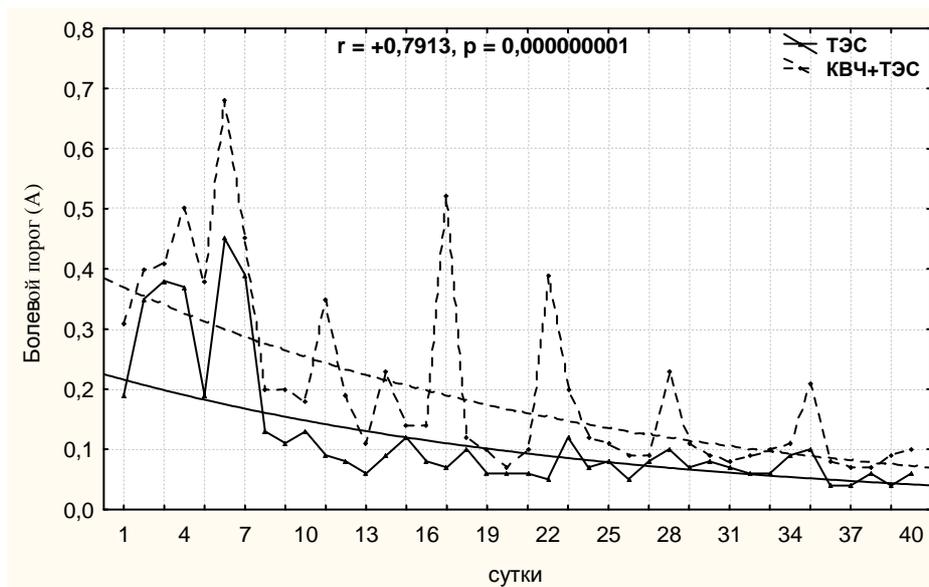
После проверки данных на закон нормального распределения, обработку и анализ экспериментальных данных проводили с помощью параметрических методов. В качестве критерия оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента. Обработка результатов производилась на ПК с использованием стандартных статистических программ.

При проведении экспериментов придерживались «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных», принципов «Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для исследовательских и научных целей» (Страсбург, 18 марта 1986 года), Постановления первого национального конгресса по

биоэтике (Киев, 2001) [19] и Законом Украины №3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження», принятого 21 февраля 2006 года.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты проведенного исследования, динамика БП у животных всех экспериментальных групп имела ярко выраженный ритмический характер (рис. 1).



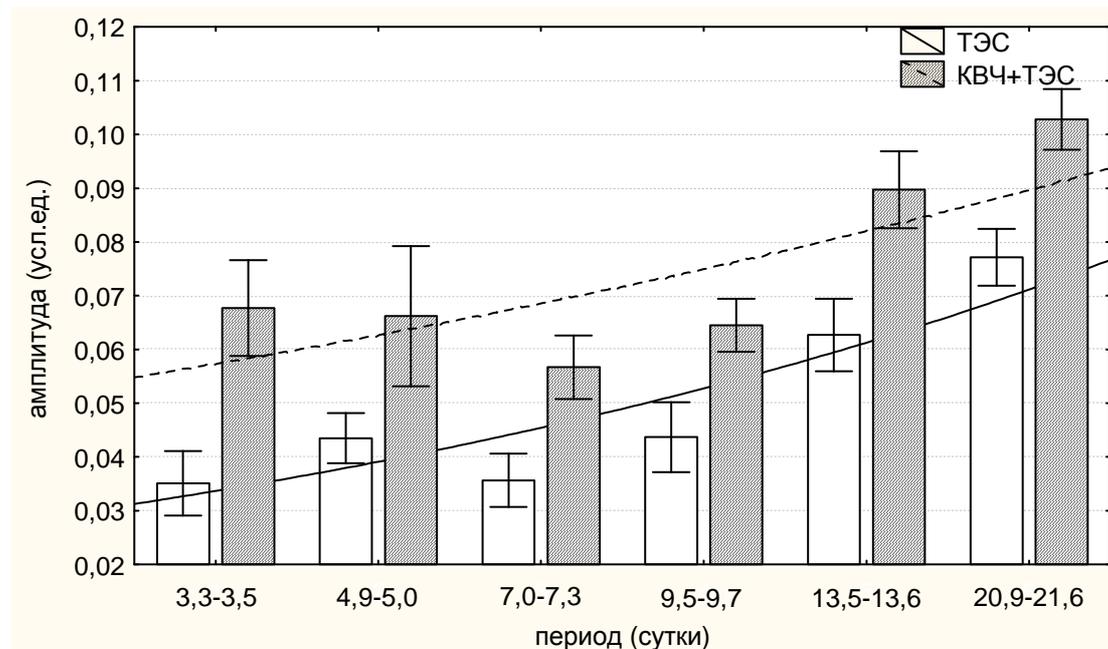
**Рис. 1.** Временная динамика болевого порога (в амперах (А)) у крыс, подвергнутых изолированному (ТЭС) и комбинированному с воздействием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (КВЧ+ТЭС) действию болевого фактора в тесте электростимуляции в течение 40 суток наблюдения.

Косинор-анализ показал, что инфрадианная ритмика БП у животных выделенных групп (ТЭС и КВЧ+ТЭС) включала периоды величиной  $\approx 3,5$ ;  $\approx 5,0$ ;  $\approx 7,0$ ;  $\approx 9,5$ ;  $\approx 14,0$  и  $\approx 21,5$  суток. Эти данные согласуются с литературными [11, 12] и нашими предыдущими данными [15], в которых описана инфрадианная ритмика поведенческих реакций в ОП, показателей неспецифической резистентности и метаболических процессов, характеризующаяся спектром периодов сходной продолжительности ( $\approx 3,5$ ;  $\approx 5,0$   $\approx 7,0$ ,  $\approx 9,5$ ;  $\approx 13,5$  и  $\approx 21,5$  суток).

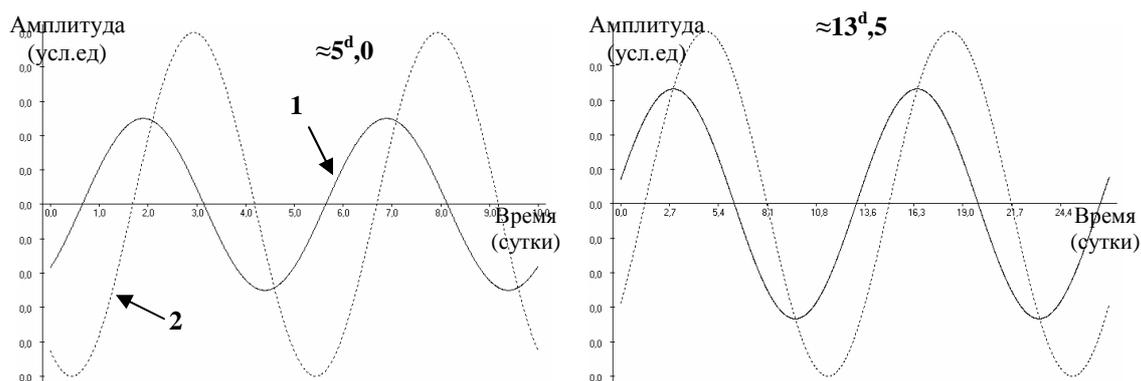
Однако у животных второй группы, подвергнутых комбинированному КВЧ-воздействию и действию болевого фактора, во всех выделенных периодах наблюдалось существенное возрастание амплитуд и смещение фаз ритмов по сравнению с соответствующими значениями у крыс первой группы (рис. 2, 3). Так, максимальное возрастание амплитуд отмечено в  $\approx 5$ - и  $\approx 7$ -мидневном периодах (на 71,37%;  $p < 0,05$  и 73,89%;  $p < 0,05$  соответственно), минимальное – в периоде  $\approx 21,5$  суток (на 33,29%;  $p < 0,05$ ) относительно значений у животных, подвергнутых изолированному действию электростимуляции (ТЭС). Наибольшие фазовые сдвиги отмечены в  $\approx 3,5$ - и  $\approx 5,0$ -тидневном периодах (на 93,76%);

**ИНФРАДИАННАЯ РИТМИКА БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ**

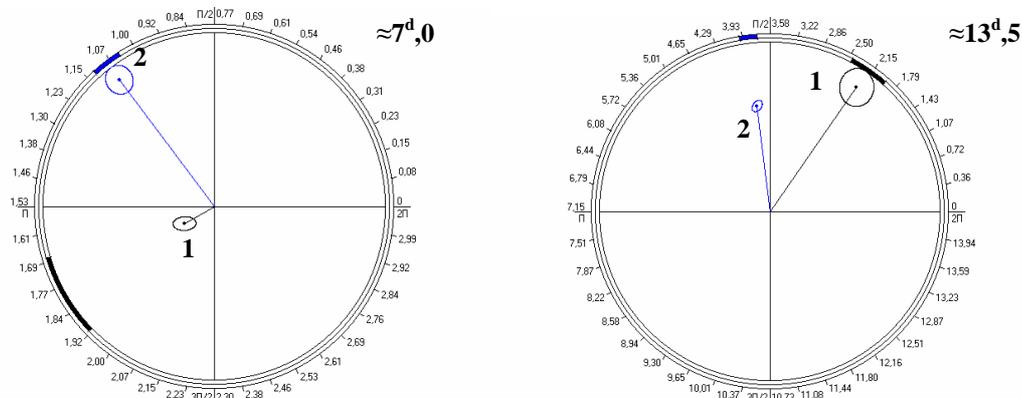
$p < 0,01$  и  $97,51^\circ$ ;  $p < 0,05$  соответственно), наименьшее – в периоде  $\approx 13,5$  суток (на  $22,79^\circ$ ;  $p < 0,05$ ) по сравнению со значениями данных показателей у крыс первой группы (рис. 4). В периодах  $\approx 9,5$  и  $\approx 21,5$  дней отмечалась синфазность.



**Рис. 2.** Амплитуды периодов интегрального ритма болевой чувствительности у крыс, подвергнутых изолированному (ТЭС) и комбинированному с воздействием низкоинтенсивного электромагнитного излучения (КВЧ+ТЭС) действию болевых факторов в тесте электростимуляции в течение 40 суток наблюдения.



**Рис. 3.** Фазовые соотношения инфрадианной ритмики болевых порогов у крыс, подвергнутых изолированному (1) и комбинированному с воздействием низкоинтенсивного электромагнитного излучения (2) действию болевых факторов в тесте электростимуляции.



**Рис. 4.** Соотношение фаз инфранианной ритмики болевого порога у крыс, подвергнутых изолированному (1) и комбинированному с воздействием низкоинтенсивного электромагнитного излучения (2) действию болевого фактора в тесте электростимуляции.

Следовательно, полученные данные свидетельствуют о способности низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ модифицировать инфранианную ритмику болевой чувствительности при действии болевого фактора, оказывая нормализующее и корригирующее действие, что проявляется в изменении структуры ритмических процессов и является признаком адапционных реакций организма к длительному болевому стрессу.

В наших предыдущих исследованиях [20, 21] показано, что при действии болевого фактора отмечается нарушение высокочастотных и ультраниантных ритмических процессов продолжительности болевых и неболевых поведенческих проявлений у животных в «формалиновом тесте», что указывает на развитие десинхроноза, который является следствием развития в организме стресс-реакции. Это согласуется с литературными данными, в которых показано, что стресс-реакция сопровождается изменением временной организации физиологических систем, свидетельствующем о резком обострении внутренних противоречий и предшествующее развитию патологических состояний с последующими информационными, энергетическими, обменными и структурными изменениями [22, 23]. В частности, согласно современным представлениям, при различных патологических процессах наблюдается та или иная степень десинхроноза [24].

Вместе с тем, при превентивном воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ отмечена способность данного физического фактора модифицировать ритмику в высокочастотном и ультраниантном диапазонах длительности болевой и неболевых поведенческих проявлений у крыс при действии болевого стресса, что проявляется в большем сходстве амплитудно-фазовых характеристик данных показателей с таковыми у крыс, подвергнутых ложному воздействию болевого фактора, чем у животных, подвергнутых действию только болевого стресса [20, 21].

Таким образом, при нарушении различных ритмических процессов у животных, т.е. развитии десинхроноза, вызванного развитием стресс-реакции при болевых реакциях различной природы и продолжительности воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ

## **ИНФРАДИАННАЯ РИТМИКА БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ**

оказывает коррегирующее, синхронизирующее действие, способствует восстановлению исходной временной организации физиологических процессов, что может являться одним из механизмов антистрессорного и антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ. Этот факт свидетельствует о возможности использования ЭМИ КВЧ данных параметров в качестве внешнего синхронизатора, «датчика времени» при десинхронозах, вызванных болевыми синдромами.

### **ВЫВОДЫ**

1. Показано влияние низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (7,1 мм, 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) на изменение инфрадианной ритмичности болевой чувствительности у крыс в тесте электростимуляции.
2. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ модифицирует инфрадианную ритмику болевой чувствительности при действии болевого фактора, оказывая нормализующее и коррегирующее действие, что проявляется в изменении структуры ритмических процессов и является признаком адаптационных реакций организма к длительному болевому стрессу.

### **Список литературы**

1. Кучеров И.О. и др. Длительные биологические ритмы в динамике мышечной работоспособности человека. – В кн.: Кибернетика и вычислительная техника, под ред. К.А.Иванова-Муромского. – Киев, 1971. – С. 79-95.
2. Klinker L., Jordan H. The influence of light on human regulation in relation to social factors // J. Interdiscipl. Cycle Res. – 1976. – V. 7, №3. – P. 203-214.
3. Шабатура Н.Н. Механизм происхождения инфрадиантных биологических ритмов // Успехи физиол. наук. – 1989. – 20, №3. – С. 83–103.
4. Алерс И., Алерсова Е., Шмайда В. и др. Многосуточные метаболические ритмы у крыс // Биологические исследования в космической биологии и медицине.– М.: Наука, 1989. – С.178-183.
5. Василик П.В., Василега А.Г. Влияние факторов внешней среды на ритмы изменения веса животных // Биологическая и медицинская кибернетика. – Киев: Изд-во АН УССР, 1982. – С. 99-105.
6. Whitton J.L., Kramer P.M., Peter A.M., Eastwood M.R. Infradian mood rhythms: measurement and relationship to weather // J. Interdiscipl. Cycle. Res. – 1984. – V. 15, №2. – P. 81-87.
7. Mori S., Takino T., Yamada H., Sano Y. Immunohistochemical demonstration of serotonin nerve fibers in the subthalamic nucleus of the rat, cat and monkey // Neurosci. Lett. – 1985. Vol. 62(3). – P. 305-309.
8. Ковальчук А.В., Чернышев М.К. Многодневные биоритмы физиологических процессов и некоторые вопросы связи организма человека с динамикой внешней среды. // Теоретические и прикладные аспекты временной организации биосистем. – М.: Наука, 1976. – С.112.
9. Reiman H.A. Medical importance of long biorhythms in aeromedicine // Aerospace Med. – 1971. – Vol. 42, №10. – P. 1086-1987.
10. Потапов В.Н. Многодневная периодичность в состоянии неспецифических факторов иммунитета и их математическое моделирование // Тез. Докл. Всесоюз. конф. «Хронобиология и хронопатология». – Москва: Медицина. – 1981. – С. 199.
11. Темур`янц Н.А., Шехоткин О.В., Роль епіфізи в організації інфрадіанної ритміки фізіологічних систем // Нейрофизиология. – 1999. - Т. 31, № 2. – С. 157-161.
12. Минко В.О. Інфрадіанна ритміка фізіологічних процесів у шурів із низькою руховою активністю у відкритому полі при дії слабого змінного магнітного поля наднизької частоти: Автореф. дисс.... канд. биол. наук: 03.00.13 / ТНУ. – Симферополь, 2005. – 20 с.
13. Шишко О.Ю. Інфрадіанна ритміка стрес-реалізуючих систем і показників неспецифічної резистентності нейтрофілів периферичної крові шурів при гіпокінетичному стресі: Автореф. дисс.... канд. биол. наук: 03.00.13 / ТНУ. – Симферополь, 2005. – 20 с.

14. Нагаева О.И. Инфранианна ритміка фізіологічних процесів у щурів з високою активністю під впливом наднизькочастотного магнітного поля: Автореф. дисс.... канд. биол. наук: 03.00.13 / ТНУ. – Симферополь, 2006. – 20 с.
15. Чуян Е.Н. Нейроімуноендокринні механізми адаптації до дії низько інтенсивного електромагнітного випромінювання надто високої частоти // Автореф. дис... докт. биол. наук. – Київ, 2004. – 40 с.
16. Чуян Е.Н. Влияние миллиметровых волн нетепловой интенсивности на развитие гипокинетического стресса у крыс с различными индивидуальными особенностями: Автореф. дис... канд. биол. наук / СГУ. – Симферополь, 1992. – 25 с.
17. Сантана Вега Л. Роль индивидуальных особенностей двигательной активности в развитии гипокинетического стресса у крыс.: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / СГУ. – Симферополь, 1991. – 21 с.
18. Halberg F., Reinberg A. Circadian rhythm and low frequency rhythms in human physiology // J. Physiol (Paris). – 1967. – Vol. 59(1 Suppl). - P. 117-200.
19. Збірка договорів Ради Європи: Українська версія // Є.М. Вишневський (пер та ред.). – Київ: Парламентське видавництво, 2000. – 654 с.
20. Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения: монография. – Симферополь: „ДИАЙПИ”, 2006. – 456 с.
21. Джелдубаева Е.Р. Антиноцицептивна дія низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти: Автореф. дисс.... канд. биол. наук: 03.00.13 / ТНУ. – Симферополь, 2007. – 20 с.
22. Степанова С.И. Биоритмологические аспекты адаптации.- М.: Наука, 1986. - 241с.
23. 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.
24. Ашофф Ю. Биологические ритмы. Т. 1. – М.: Мир, 1984. – 176 с.

*Джелдубаева Е.Р., Чуян О.М., Инфранианна ритміка больової чутливості щурів при дії низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти // Учені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2007. – Серія «Біологія, хімія». – Т. 20 (59), № 1. – С. 168 – 174.*

У даній роботі показано, що низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання надвисокої частоти (7,1 мм, 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) модифікує інфранианну ритміку больової чутливості при дії больового чинника, надаючи нормалізуючу та коригуючу дію, що виявляється в зміні структури ритмічних процесів та є ознакою адаптаційних реакцій організму до тривалого больового стресу.

**Ключові слова:** низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання надвисокої частоти, інфранианна ритміка, тест електростимуляції, больовий поріг.

*Dzheldubayeva E.R., Chuyan E.N. Infradian rhythmicity of pain sensitivity of rats influenced by low intensity ultra-high frequency electromagnetic field // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series “Biology, chemistry”. – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 168-174.*

It is shown that low intensity electromagnetic radiation of extremely high-frequency (7,1 mm, 0,1 mW/cm<sup>2</sup>) modifies the infradian rhythmicity of pain sensitivity affected by pain factor rendering the normalizing and correcting action that shows up as the change of the rhythmic processes structure and is the sign of reactions of organism adaptations to the protracted pain stress.

**Keywords:** low intensity electromagnetic radiation of extremely high-frequency, infradian rhythmicity, test of electro-stimulation, pain threshold.

УДК 57.034:001.18

## СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ПЛАНЕТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ. НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

*Нарманский В.Я.*

Создан метод прогнозирования солнечной активности и солнечно-земных связей. Основная идея – использование корреляционных связей между солнечной активностью и одновременными конфигурациями двух планетных пар Меркурий-Юпитер, Земля-Нептун. Методом, который получил название «гелиомеханика» предсказан минимум солнечной активности (сентябрь 2007 года).

**Ключевые слова:** планетные конфигурации, Меркурий-Юпитер, Земля-Нептун.

### ВВЕДЕНИЕ

Круг вопросов связанный с «планетными влияниями», длительное время находится на периферии современных исследований. Многие полагают, что поиск корреляционных связей между вариациями солнечной активности и динамикой планет не заслуживает серьезного внимания, являясь особым видом деятельности для непрофессионалов. Это привело к тому, что многие стороны обсуждаемой проблемы не изучены, а большой простор для эмпирических поисков остается не использованным.

В тоже время, результаты исследований подтверждают, что в кривых изменения интегральных индексов солнечной активности надежно выделяются периоды обращения всех планет и некоторые конфигурационные периоды. Библиография соответствующих публикаций представлена в обзорных работах М.И. Пудовкин и М.М. Горшкова [1, 2]. В последующие годы были получены дополнительные доказательства существования связей «солнечная активность – динамика планет». Это показывает анализ «фазовых диаграмм» (изменение уровня солнечной активности в зависимости от разности гелиоцентрических долгот между двумя планетами) [3]. При этом данный вывод верен для всех планет, что отражает системный характер рассматриваемых связей.

Отдельные наблюдения указывают на изменение некоторых параметров солнечной активности для данной активной области, в моменты соединений планет (парного или тройного) [4].

Но в перечисленных работах авторы не объясняют главной особенности 11-летних циклов – их переменность. Мы хотим подчеркнуть, что в наших исследованиях применен подход, который восполняет этот недостаток.

В данной работе использован метод, в основании которого лежит небесная механика. В связи с этим подчеркиваем, в статье не обсуждается механизм связи солнечной активности и планетных конфигураций – данные радиоизлучения на длине волны 10.7см и планетные конфигурации рассматриваются, как простые статистические ряды. Изучение механизма данных связей и обсуждение физических моделей, является предметом отдельного обсуждения и исследований.

Цель исследования – выделить планетные пары и типы конфигураций, которые имеют переменную 11-летнюю цикличность близкую к периодичности радиоизлучения (РИ) 10.7см.

## **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Объектом исследований явились данные ежедневного измерения потока на частоте 2800МГц (далее РИ 10.7см) обсерватории Оттава [OBSERVED DAILY SOLAR FLUX 2800 MHz Series C (Multiplied by Ten)] [5]. Так же, объектом исследований, были гелиоцентрические координаты девяти больших планет, которые условно разделены на 36 планетных пар.

На основе эфемериды DE200 [6] и ряда данных РИ 10.7см, была создана поисковая компьютерная программа. Программа проводила поиск конфигураций происходящих в одно время (одновременных), в двух планетных парах. Разность долгот конфигураций, на первом этапе исследований, была определена: 0°, 90°, 180°, 270°. На втором этапе исследований, разность долгот конфигураций, была определена: 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°. В исследованиях использовались данные РИ 10.7см, в период 1964-2005гг. (Период 1964-2005 годы выбран по соображению отсутствия лакун, это связано с компьютерной программой, которая рассчитана на непрерывный ряд обрабатываемых значений).

Определим, что конфигурация в паре планет наступает в момент, когда разность долгот между ними принимает значения: 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°. ( $L_1 - L_2$ , где  $L_1$  и  $L_2$  – гелиоцентрические долготы планет).

Интервалом времени конфигурации, будем считать – время нахождения двух планет на угловом расстоянии  $\pm 5^\circ$  по долготе, в отсчете от момента конфигурации. Этот допуск позволит нам использовать суточные потоки РИ для дат конфигураций.

Одновременными конфигурациями будем считать – две планетные пары, которые в одно время находятся в конфигурациях, т.е. разность долгот в каждой паре планет принимают любое из перечисленных значений.

Для удобства, названия планет были заменены их порядковыми номерами: Меркурий (1), Венера (2), Земля (3), Марс (4), Юпитер (5), Сатурн (6), Уран (7), Нептун (8), Плутон (9).

На первом этапе исследований рассматривались конфигурации, в которых разность долгот между двумя планетами составляла: 0°, 90°, 180°, 270°. Две пары планет, находясь в различных конфигурационных сочетаниях, могут иметь 16 комбинаций, далее они будут называться «конфигурационные комбинации». На базе приведенной логики программой создавались таблицы среднесуточных значений РИ 10.7см, которые назовем «конфигурационный вес», для каждой из 16 конфигурационных комбинаций, двух выделенных планетных пар. Все 36 планетных пар, в различных парных сочетаниях, исследовались отдельно.

Созданное программное обеспечение позволяло решать следующие задачи:

1. формирование таблиц среднесуточного РИ 10.7см, в заданный период времени.
2. вычисление ряда дат, в которые две пары планет находились или будут находиться, в одновременных конфигурациях ( $\pm 5^\circ$ ). (Ряд дат снабжен информацией о планетных парах и о типах конфигураций).

## **СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ПЛАНЕТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ. НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

Таким образом, в зависимости от условий задачи, создаются ряды значений, которые в дальнейшем будут использоваться для составления эпигноза или прогноза, на заданный период времени. (Предметом исследований могут быть ряды различных индексов солнечной активности, в пределах 1600-2150 годы).

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Далее, по принципу «каждая пара планет, с каждой парой» были созданы более 600 таблиц конфигурационного веса, для двух планетных пар во всех возможных сочетаниях, в период 1964-1976гг. Для каждых двух исследуемых планетных пар, был сделан прогноз РИ 10.7см, для независимого ряда (1995-2005) с использованием конфигурационного веса. Определялся коэффициент корреляции между данными конфигурационного веса (1964-1976) каждых двух пар и данными РИ 10.7см (1995-2005).

По окончании поиска было получено, что из всех возможных сочетаний двух планетных пар, переменную 11-летнюю периодичность, могут иметь одновременно происходящие конфигурации планетных пар – Меркурий-Юпитер (1-5) и Земля-Нептун (3-8).

На основании таблицы «конфигурационного веса» вычисленного в период 1964-1976гг, для планетных пар 1-5 и 3-8, был сделан прогноз (рис. 1), для независимого периода РИ 10.7см, 1995-2005гг (табл. 1). Корреляция между рядом реального РИ 10.7см и рядом конфигурационного веса (1964-1976) составляет 0.21.

**Таблица 1.**

**Среднесуточного РИ 10.7см (конфигурационного веса) полученного в даты одновременных конфигураций планетных пар Меркурий-Юпитер (1-5) и Земля-Нептун (3-8), в период 1964-1976гг.**

1964-1976	3-8 0°	3-8 90°	3-8 180°	3-8 270°
1. 1-5 0°	1516	1770	1667	1408
2. 1-5 90°	1345	1211	1296	1735
3. 1-5 180°	834	958	919	868
4. 1-5 270°	1020	909	1290	1471

Несмотря на то, что получен низкий коэффициент корреляции, выяснилось следующее:

- А) Минимальное значение конфигурационного веса (1964-1976), в прогнозе РИ 10.7см (1995-2005) – приходится на 12 апреля 1996 года (конфигурационная комбинация 1-5 180°, 3-8 270°), то есть за 3 месяца от реального минимума РИ 10.7см – 18 июля 1996 года.
- Б) Если 16 конфигурационных комбинаций (см. табл. 1), планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун, условно разделить на четыре группы, то каждая выделенная группа (рис. 2) оказывается «привязанной», исключительно, к определенной фазе 11-летнего цикла (РИ 10.7см).

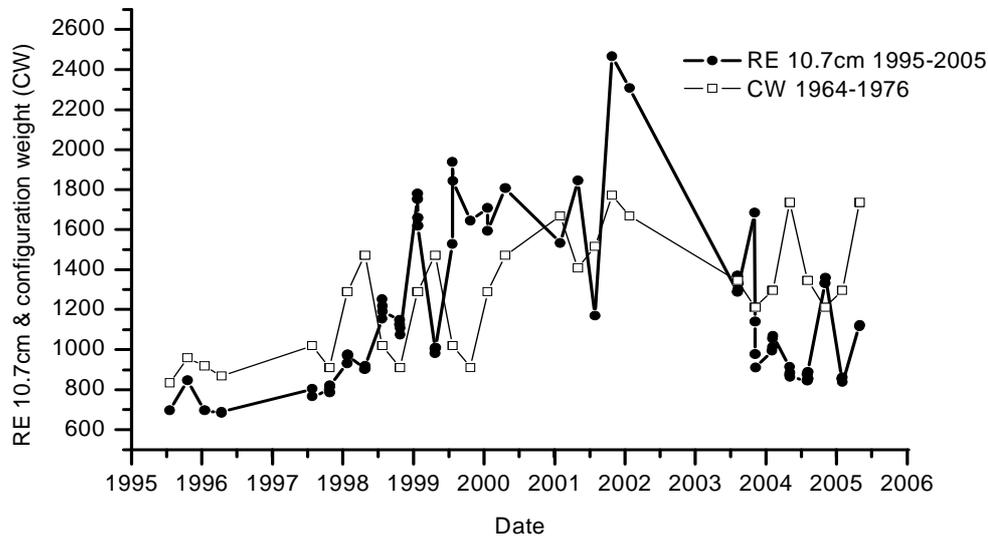


Рис. 1. Прогноз РИ 10.7см для периода 1995-2005гг, который сделан на основании конфигурационного веса (1964-1976), в даты одновременных конфигураций планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун. Кривая реальных значений РИ 10.7см (1995-2005) и кривая значений конфигурационного веса планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун (1964-1976).

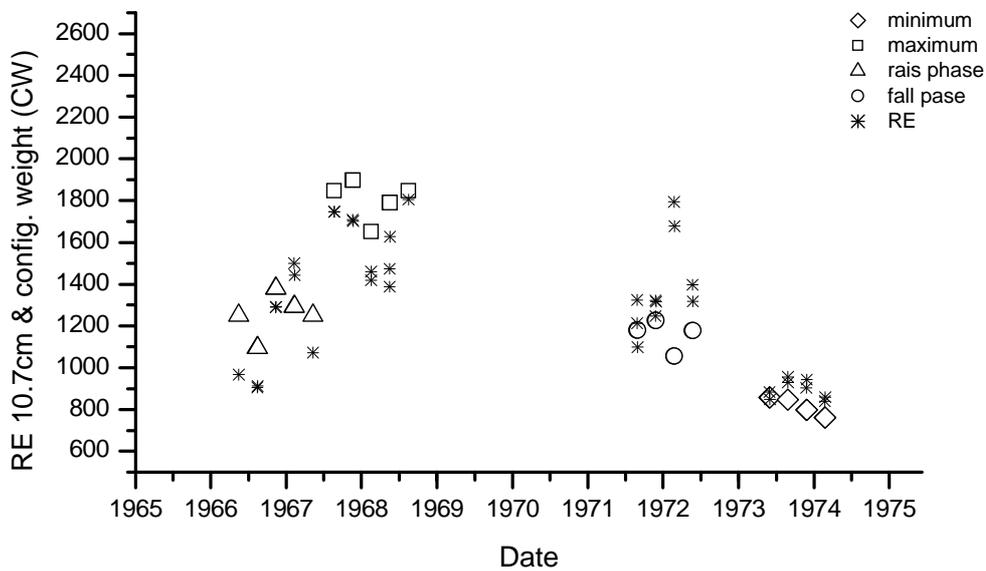
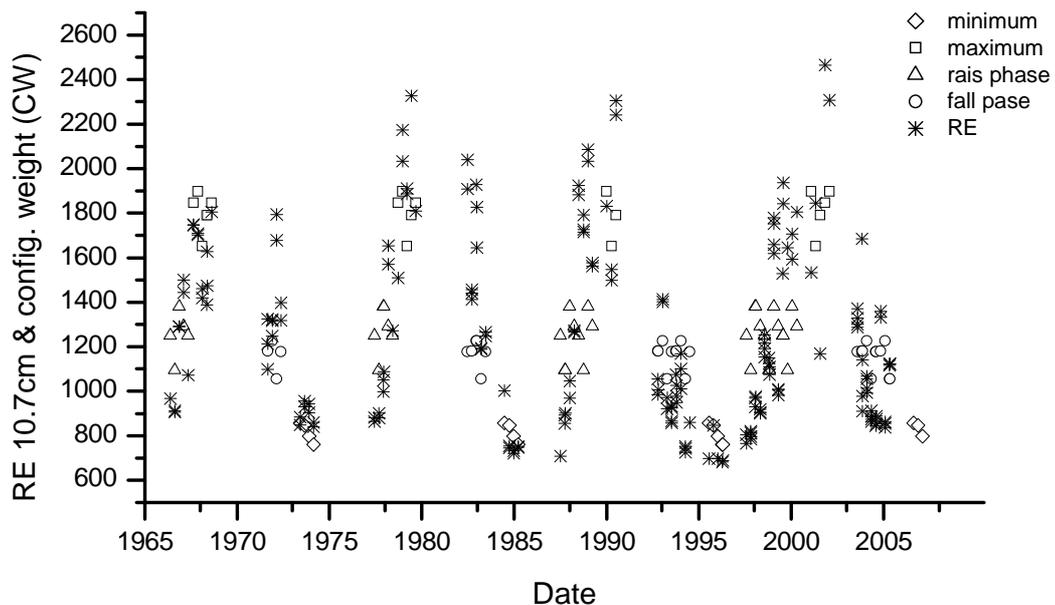


Рис. 2. Четыре группы конфигурационных комбинаций планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун. Каждая выделенная группа «привязана» к определенной фазе цикла №20: минимум РИ 10.7см; максимум активности РИ 10.7см; фаза роста активности РИ 10.7см; фаза спада активности РИ 10.7см.

**СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ПЛАНЕТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ. НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

1. Группа конфигурационных комбинаций (1-5 0°, 3-8 0°; 1-5 0°, 3-8 90°; 1-5 0°, 3-8 180°; 1-5 0°, 3-8 270°), «привязана» к максимуму РИ 10.7см, в период 1964-1976гг.
2. Группа комбинаций (1-5 90°, 3-8 0°; 1-5 90°, 3-8 90°; 1-5 90°, 3-8 180°; 1-5 90°, 3-8 270°) «привязана» к ветви спада РИ 10.7см (1964-1976).
3. Группа комбинаций (1-5 180°, 3-8 0°; 1-5 180°, 3-8 90°; 1-5 180°, 3-8 180°; 1-5 180°, 3-8 270°) «привязаны» к минимуму РИ 10.7см (1964-1976).
4. Группа комбинаций (1-5 270°, 3-8 0°; 1-5 270°, 3-8 90°; 1-5 270°, 3-8 180°; 1-5 270°, 3-8 270°), «привязана» к ветви роста РИ 10.7см (1964-1976).
5. РИ: радиоизлучение 10.7см (1964-1976)

Конфигурационный вес планетных пар 1-5 и 3-8, в период 1964-1976гг, представлен на графике (рис. 3), где показана каждая из четырех приведенных групп комбинаций, для всего исследуемого нами периода (1964-2005). На графике видно, что каждая группа конфигурационных комбинаций «привязана» исключительно к определенной фазе каждого из четырех циклов (№№20-23) и повторяется с периодом 10-11 лет.



**Рис. 3.** Четыре группы конфигурационных комбинаций планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун, в период 1964-2005гг. Каждая выделенная группа «привязана» к определенным фазам циклов №№20-23: минимум РИ 10.7см; максимум активности РИ 10.7см; фаза роста активности РИ 10.7см; фаза спада активности РИ 10.7см.

На этом первый этап исследований был завершен. Он показал, что:

1. конфигурационный вес РИ 10.7см (1964-1976), одновременных конфигураций двух планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун, в сравнении с реальным РИ 10.7см, в период 1995-2005гг, имеет корреляцию 0.21.
2. четыре группы конфигурационных комбинаций строго «привязаны» к различным фазам 11-летних циклов РИ 10.7см.
3. минимальное значение конфигурационного веса (1964-1976), в прогнозе для максимально удаленного периода 1995-2005гг, находится вблизи реального минимума РИ 10.7см.

Одновременные конфигурации планетных пар Меркурий-Юпитер, Земля-Нептун и РИ 10.7см. На втором этапе исследования были сосредоточены только на одновременных конфигурациях двух планетных пар: Меркурий-Юпитер (1-5) и Земля-Нептун (3-8). При этом допуск на моменты конфигураций, остался прежней  $\pm 5^\circ$ , а число конфигураций было увеличено до восьми. Если в первом случае мы рассматривали разности долгот  $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ , то теперь разность долгот была определена:  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$ . Промежуточные разности долгот ( $45^\circ, 135^\circ, 225^\circ, 315^\circ$ ) были выбраны для поиска дополнительных конфигураций, которые могут иметь высокий уровень корреляции с РИ 10.7см.

Ниже будет показано, что различные фазы 11-летних циклов солнечной активности, могут быть описаны на основании рассмотрения одновременных конфигураций ( $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$ ), двух планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун.

Сочетания типов одновременных конфигураций в обоих парах, в 11-летнем цикле, различные. Например, в определенную дату, пара Меркурий-Юпитер в соединении (конфигурация  $0^\circ$ ), а пара Земля-Нептун в оппозиции (конфигурация  $180^\circ$ ). В другую дату пара Меркурий-Юпитер в оппозиции ( $180^\circ$ ), а пара Земля-Нептун в конфигурации, с разностью долгот  $45^\circ$  и т.д.

Продолжительность во времени различных одновременных конфигураций, с допуском  $\pm 5^\circ$ , имеет интервал от 1 до 6 суток. Это обстоятельство, главным образом, обусловлено эксцентриситетом Меркурия ( $e=0.20563$ ), при котором угловая скорость планеты, в разных точках его орбиты, значительно отличается. Если в районе перигелия, где угловая скорость Меркурия около  $7^\circ$ , в сутки, продолжительность одновременной конфигурации – около 1 суток. То в противоположной точке орбиты Меркурия – в районе афелия, где угловая скорость менее  $3^\circ$ , в сутки, продолжительность одновременной конфигурации составит 5-6 суток.

Далее таким же методом, как и на первом этапе исследований, была сформирована таблица среднесуточного РИ 10.7см (конфигурационного веса), для каждой конфигурационной комбинации пар 1-5 и 3-8, в период 1964-1976гг. В этом случае таблица 2 насчитывает 64 комбинации. Затем был выбран тот же независимый ряд РИ 10.7см (1995-2005), для которого были определены даты всех одновременных конфигурационных комбинаций пар 1-5 и 3-8. Следующим шагом на основании таблицы конфигурационного веса, в период 1964-1976гг (см. табл. 1), был сделан прогноз для периода 1995-2005гг (рис. 4). На графике, кривая РИ 10.7см и кривая, построенная на основании конфигурационного веса, в период 1964-1976гг.

**СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ПЛАНЕТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ. НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

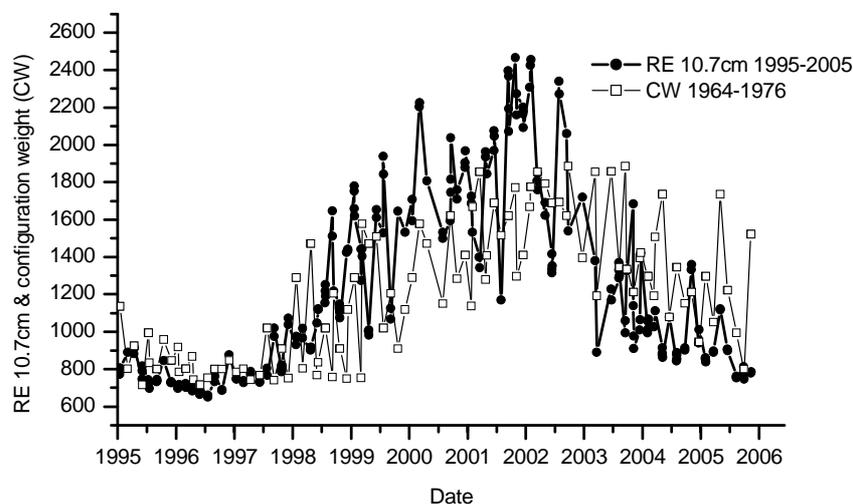
Корреляция значений конфигурационного веса (1964-1976) и РИ 10.7 см (1995-2005) составила 0.58. При этом минимальные значения конфигурационного веса (1964-1976), в прогнозе (1995-2005), пришлись на 4.06.1995г и 1.06.1996г (в обоих случаях – конфигурационная комбинация 1-5 0°, 3-8 315°).

Так же выяснилось, что одновременные конфигурации одинаковых типов, названные «однотипными конфигурациями» повторяются, с переменной периодичностью ~10-11 лет.

**Таблица 2.**

**Среднесуточного РИ 10.7см (конфигурационного веса), в даты одновременных конфигураций (0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°) планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун, в период 1964-1976 годы (64 конфигурационные комбинации)**

Таблица конфигурационного веса РИ 10.7см (1964-1976).								
Планетные пары Меркурий-Юпитер (1-5) и Земля-Нептун (3-8).								
пара.конф.	3-8 0°	3-8 45°	3-8 90°	3-8 135°	3-8 180°	3-8 225°	3-8 270°	3-8 315°
1-5 0°	1516	799	1770	847	1667	802	1408	716
1-5 45°	1692	741	1296	751	1776	805	1793	768
1-5 90°	1345	757	1211	749	1296	754	1735	836
1-5 135°	995	1206	1522	1118	1136	1577	925	1510
1-5 180°	834	1622	958	1409	919	1855	868	1689
1-5 225°	754	1884	799	1396	784	1192	743	1858
1-5 270°	1020	1334	909	1422	1290	1508	1471	1079
1-5 315°	1151	1153	1283	945	1137	1052	1280	1222



**Рис. 4.** Прогноз РИ 10.7см для периода 1995-2005гг, который сделан на основании конфигурационного веса (1964-1976), в даты одновременных конфигураций (0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°) планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун. Показаны – кривая реальных значений РИ 10.7см, в период 1995-2005гг, и кривая конфигурационного веса планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун, в период 1964-1976гг.

Однотипные конфигурации пар Меркурий-Юпитер, Земля-Нептун и 11-летняя периодичность РИ 10.7см. Приведем пример однотипных конфигураций, которые повторяются только вблизи максимумов РИ 10.7см. (В примерах показан расширенный период времени, выходящий за рамки наблюдений РИ 10.7см).

Однотипные конфигурации пар Меркурий-Юпитер, Земля-Нептун и 11-летняя периодичность РИ 10.7см. Приведем пример однотипных конфигураций, которые повторяются только вблизи максимумов РИ 10.7см. (В примерах показан расширенный период времени, выходящий за рамки наблюдений РИ 10.7см).

Вблизи максимумов РИ 10.7 см, повторяемость приведенных однотипных конфигураций следующая: они произошли в 1936 году, затем с интервалом 0.992 года, в 1937 году; затем, с интервалом 9.077 года они повторяются в 1946 году и с интервалом 0.989 года в 1947 году. В следующий раз, с интервалом 10.071 года, они повторяются в 1957 году. Далее, мы видим стабильный период ~11.07 года: 1957-1968, 1968-1979, 1979-1990, 1990-2001, 2001-2012, 2012-2023гг. Затем между 2023 и 2033гг, 11-летний период ломается, составляя 10.079 года, и затем в 2034г, мы видим период около 1 года. Далее 11-летняя периодичность данных однотипных конфигураций около 65 лет будет не стабильной.

Такая же переменная периодичность, наблюдается между различными однотипными конфигурациями планетных пар 1-5 и 3-8, «привязанными» к минимумам, к ветвям роста и к ветвям спада 11-летних циклов РИ 10.7см.

Пример однотипных конфигураций «привязанных» к минимумам: Меркурий-Юпитер, разность долгот  $225^\circ$ , Земля-Нептун, разность долгот  $0^\circ$ .

Пример, в котором приводятся интервалы времени повторения одновременных конфигураций данных типов показывает, что в приведенный период времени, 11-летняя периодичность однотипных конфигураций, пар 1-5  $225^\circ$  и 3-8  $0^\circ$ , «привязанных» к минимумам РИ 10.7см, носит такой же характер, как и в предыдущем примере. После 1933 года, с интервалом 11.071 года, однотипные конфигурации повторились в 1944 году, затем с интервалом 10.08 года, в 1954 году. Далее, однотипные конфигурации, с интервалом 0.986 года, повторились в 1955 году. Затем, с интервалом 9.076 года, они повторились в 1964 году. Затем, с интервалом 1.008 года, в 1965г., и с интервалом 0.989 года, в 1966г. Далее они повторились, с интервалом 8.074 года, в 1974 году. Затем с интервалом 0.984 года, в 1975г., и с интервалом 0.997 года, в 1976г. Следующее повторение однотипных конфигураций, с интервалом 9.069 года, произошло в 1985 году. Далее, с интервалом 0.989 года, в 1986 году. Далее, однотипные конфигурации, с интервалом 10.075 года, повторились – 19 июля 1996 года. В будущем, с периодом 11.068 года, конфигурации повторятся – 13 августа 2007 года, и с периодом 11.065 года – 6 сентября 2018 года. И далее, до 2084 года, период стабилен ~11.07 года: 02.10.2029г, 27.10.2040г, 22.11.2051г, 16.12.2062г, 09.01.2074г, 4.02.2084г, и только 01.02.2085г с появлением периода около 1 года, 11-летний период снова ломается.

На рисунке 5 описанные текстовые примеры показаны в графическом виде.

Нестабильность 11-летних периодов (1600-2160), в каждой из 64 однотипных конфигураций, имеет различную периодичность, при этом около 1/3 из 64 однотипных конфигураций, в эти же отрезки времени, сохраняет стабильный период ~11.7 года

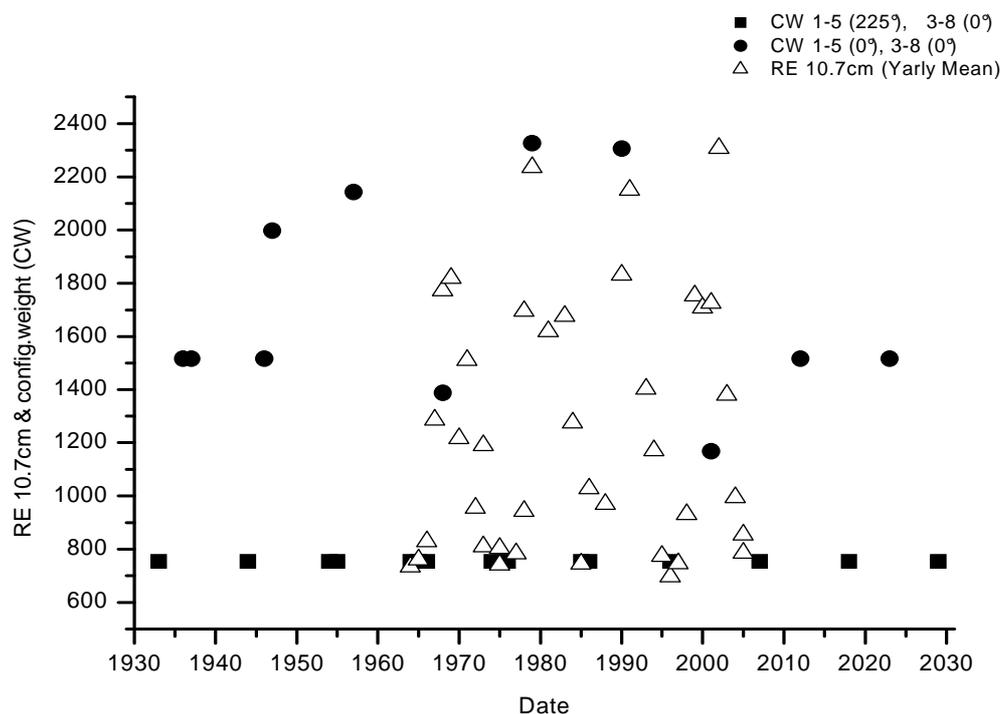
Прогностическое правило, эпигноз и прогноз РИ 10.7см. Мы определили, что одновременные конфигурации одинаковых типов планетных пар Меркурий-Юпитер и

**СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ПЛАНЕТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ. НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

Земля-Нептун, с разностью долгот  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$  (с допуском  $\pm 5^\circ$ ), имеют переменность и повторяются с интервалом 10-11 лет.

На основании полученных результатов было сформулировано прогностическое правило:

Одновременные конфигурации одинаковых типов планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун имеют повторяемость 10-11-лет. При этом повторяемость конфигурационных комбинаций имеет четкую последовательность чередования, и соответствие определенным фазам 11-летних циклов РИ 10.7см.



**Рис. 5.** Конфигурационный вес РИ 10.7см, в даты одновременных конфигураций планетных пар 1-5  $225^\circ, 3-8 0^\circ$ , (1964-1976) – минимумы. Конфигурационный вес РИ 10.7см, в даты одновременных конфигураций планетных пар 1-5  $0^\circ, 3-8 0^\circ$  (1964-1976) – максимумы.

Далее, для проверки обнаруженных закономерностей, используя таблицы конфигурационного веса (таблицы 3-4), были сделаны эпигноз и прогноз для независимых рядов РИ 10.7см.

Описанным выше методом, на основании конфигурационного веса РИ 10.7см, полученного в 1964-1976гг (табл. 3), был сделан эпигноз для независимого периода 1943-1963гг (рис. 6), в котором сопоставлялись и данные РИ 10.7см за 1947-1963гг и данные конфигурационного веса 1964-1976гг. (Если лакуны в данных РИ 10.7см (1947-1963), совпадали с датами одновременных конфигураций, они заполнялись значениями РИ 10.7см, за предыдущие сутки).

При этом минимумы значений конфигурационного веса (1964-1976) в эпилнозе РИ 10.7см (1943-1963) распределились следующим образом:

1. Минимумы веса РИ 10.7см в цикле №18 приходятся на 23.12.1943г (конфигурационная комбинация 1-5 225°, 3-8 270°) и на 7.08.1944г (1-5 90°, 3-8 135°).
2. Минимумы веса РИ 10.7см в цикле №19 приходятся на 24.02.1953г (1-5 0°, 3-8 315°) и на 18.07.1954г (1-5 225°, 3-8 90°).

**Таблица 3.**  
Среднесуточного РИ 10.7см (конфигурационного веса), в даты одновременных конфигураций (0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°) планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун, в период 1964-1994 годы (64 конфигурационные комбинации)

Таблица конфигурационного веса РИ 10.7см (1964-1994).								
Планетные пары Меркурий-Юпитер (1-5) и Земля-Нептун (3-8).								
пара.конф.	3-8 0°	3-8 45°	3-8 90°	3-8 135°	3-8 180°	3-8 225°	3-8 270°	3-8 315°
1-5 0°	1937	849	1748	780	1892	843	1579	774
1-5 45°	1831	715	1643	742	2105	778	1803	800
1-5 90°	1251	797	1150	779	1379	805	1066	879
1-5 135°	1030	1202	1182	1213	994	1644	1099	1456
1-5 180°	901	2310	851	1774	822	2329	823	1711
1-5 225°	734	1721	773	1867	773	1840	738	1618
1-5 270°	1267	1396	1087	1767	1340	1865	1480	1184
1-5 315°	1319	1301	1621	1095	1957	1228	1712	1202

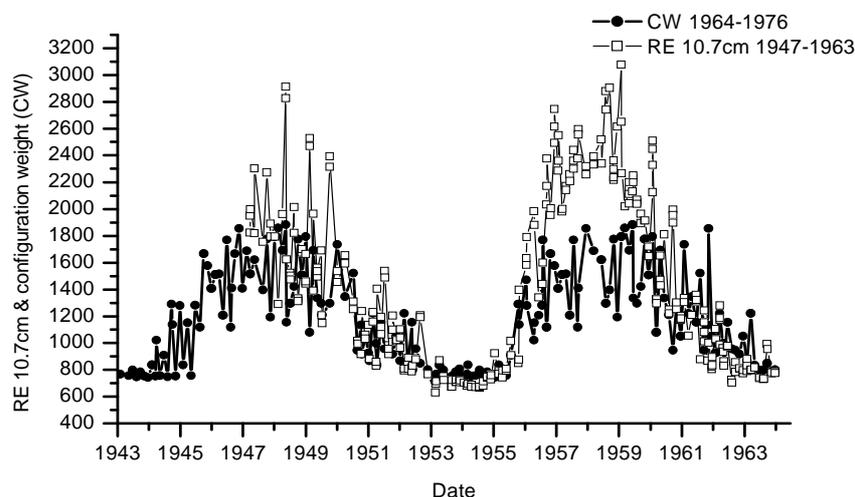
**Таблица 4.**  
Среднесуточного РИ 10.7см (конфигурационного веса), в даты одновременных конфигураций (0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°) планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун, в период 1995-2005 годы (64 конфигурационные комбинации)

Таблица конфигурационного веса РИ 10.7см (1995-2005).								
Планетные пары Меркурий-Юпитер (1-5) и Земля-Нептун (3-8).								
пара.конф.	3-8 0°	3-8 45°	3-8 90°	3-8 135°	3-8 180°	3-8 225°	3-8 270°	3-8 315°
1-5 0°	1157	758	2465	756	2063	767	1828	727
1-5 45°	2202	998	2034	1055	2212	992	1618	836
1-5 90°	1101	1579	1372	1443	995	1358	1004	1120
1-5 135°	746	1167	782	1483	789	1858	898	1669
1-5 180°	695	1958	839	2014	696	1600	685	1792
1-5 225°	658	1196	704	1263	743	957	753	1199
1-5 270°	1191	1330	978	1398	1432	1137	1006	1106
1-5 315°	1515	914	1734	975	1705	897	1949	924

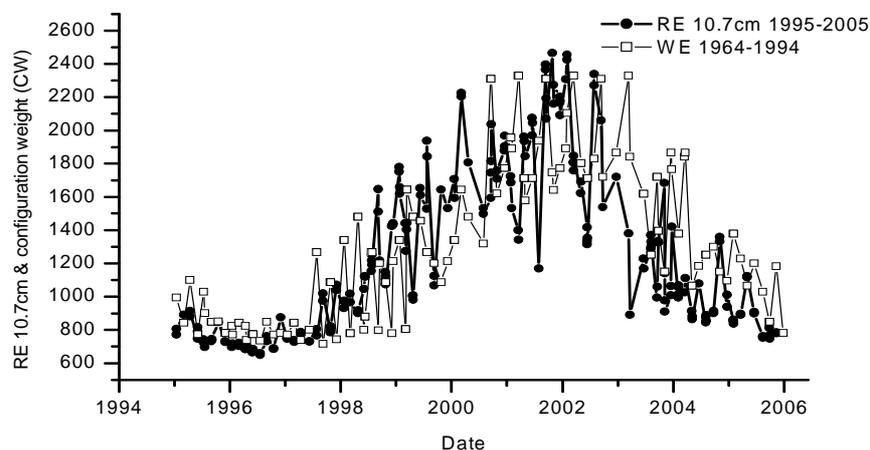
Далее, для вычислений прогноза на текущий цикл РИ 10.7см (1995-2005) была сформирована таблица конфигурационного веса РИ 10.7см, для независимого периода 1964-1994гг (см. табл. 3). Был сделан прогноз, в котором сопоставлялись данные конфигурационного веса и данные РИ 10.7см. На рисунке 7 показана кривая реального РИ 10.7см, в период 1995-2005гг, и кривая, построенная на основании конфигурационного веса РИ 10.7см, для периода 1964-1994гг. При сопоставлении ряда значений

## СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ПЛАНЕТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ. НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

конфигурационного веса (1964-1994), и ряда значений РИ 10.7см, в период 1995-2005гг, корреляция составила 0.725.



**Рис. 6.** Эпигноз РИ 10.7см для периода 1943-1963гг, который сделан на основании конфигурационного веса (1964-1976), в даты одновременных конфигураций ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $270^\circ$ ,  $315^\circ$ ) планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун. Кривая реальных значений РИ 10.7см, период 1947-1963гг и кривая конфигурационного веса планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун, в период 1964-1976гг.



**Рис. 7.** Прогноз РИ 10.7см для периода 1995-2005гг, который сделан на основании конфигурационного веса планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун (1964-1994). Разность долгот:  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $270^\circ$ ,  $315^\circ$ . Показана кривая реальных значений РИ 10.7см (1995-2005) и кривая конфигурационного веса планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун, в период 1964-1994.

При этом минимальное значение конфигурационного веса (1964-1994) в прогнозе РИ 10.7см (1995-2005) приходится на 18-19.07.1996г (15 225°, 38 0°), что соответствует минимуму реального РИ 10.7см (649) – 19 июля 1996 года.

Для прогноза текущего цикла и предстоящего цикла №24, был использован конфигурационный вес в период 1964-1994гг и конфигурационный вес в период 1995-2005гг (см. табл. 4).

На основании таблиц 5-6, были сделаны два варианта прогноза текущего цикла №23, которые переходят в прогноз последующего цикла солнечной активности (№24). На рисунке (рис. 8):

1. РИ 10.7см в период 1995-2005гг.
2. прогноз цикла № 23 и №24, кривая построенная на основании конфигурационного веса (1964-1994).
3. прогноз цикла №23 и №24, кривая построенная на основании конфигурационного веса (1995-2005).

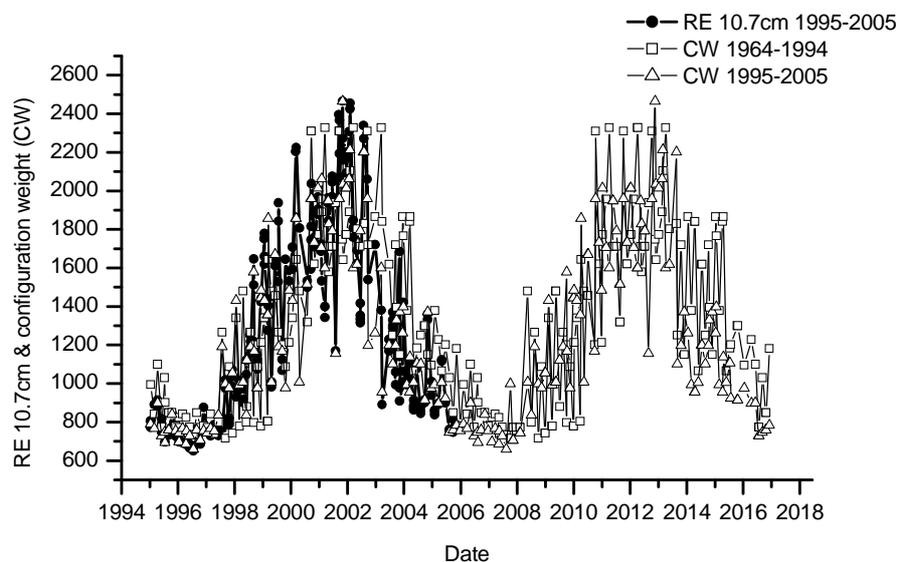


Рис. 8. Прогноз РИ 10.7см, в период 1995-2005гг, переходящий в прогноз 2006-2016гг:

1. Кривая РИ 10.7см (1995-2005).
2. Кривая значений конфигурационного веса (1964-1994гг).
3. Кривая значений конфигурационного веса (1995-2005гг).

#### ВЫВОДЫ

1. Однотипные конфигурации (64 комбинации) планетных пар Меркурий-Юпитер и Земля-Нептун, последовательно повторяются с периодами близкими к 11-летней периодичности РИ 10.7см. При этом отдельные группы однотипных конфигураций соответствуют только определенным фазам циклов РИ 10.7см. Переменная 11-летняя повторяемость обусловлена различием эксцентриситетом планетных орбит и главным образом эксцентриситетом Меркурия.

## **СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ПЛАНЕТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ. НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

---

2. Для проверки обнаруженных закономерностей, были сделан эпигноз и прогнозы, которые показали следующее:
  - 2.1. В эпигнозе, на основании конфигурационного веса РИ 10.7см (1964-1976), для независимого периода РИ 10.7см (1947-1963), корреляция составила 0.728. При этом время минимумов конфигурационного веса и минимумов РИ 10.7см – совпадают.
  - 2.2. В прогнозе, на основании конфигурационного веса РИ 10.7см (1964-1994), для независимого периода РИ 10.7см (1995-2005), корреляция составила 0.725. При этом время минимума конфигурационного веса и минимума РИ 10.7см – совпадает.
3. Прогноз наступления предстоящего минимума РИ 10.7см следующий:
  - 3.1. Минимальное значение (715) конфигурационного веса (1964-1994), приходится на 4 октября 2007 года (конфигурационная комбинация 1-5 45°, 3-8 45°).
  - 3.2. Минимальное значение (658) конфигурационного веса, сформированного в период 1995-2005гг, приходится на 12-13 августа 2007 года (конфигурационная комбинация 1-5 225°, 3-8 0°).
4. Предстоящий минимум РИ 10.7см нужно ждать 10 сентября 2007 года, с возможным отклонением  $\pm 30$  суток.

### **ВЫВОДЫ**

1. Показано влияние низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (7,1 мм, 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) на изменение инфранианной ритмичности болевой чувствительности у крыс в тесте электростимуляции.
2. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ модифицирует инфранианную ритмику болевой чувствительности при действии болевого фактора, оказывая нормализующее и корригирующее действие, что проявляется в изменении структуры ритмических процессов и является признаком адаптационных реакций организма к длительному болевому стрессу.

### **Список литературы**

1. Пудовкин М.И., Козелов В.П., Лазутин Л.Л. Физические основы прогнозирования магнитосферных возмущений. – Ленинград. Нарва, 1977. – С. 86-147.
2. Горшков М.М. Планеты, Солнце, биосфера // Биофизика. 1992. – Т. 37, № 4. – С. 805-816.
3. Панкратов А.К., Нарманский В.Я. Владимирский Б.М. Резонансные свойства солнечной системы, солнечная активность и вопросы солнечно-земных связей. – Симферополь, 1996. – С.76.
4. Прокудина В.С. Приложение метода планетных конфигураций к активным явлениям на Солнце // Сообщения ГАИШ, №181. – МГУ, 1973. – С.11-29, 1973.
5. <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/ftpsolarflares.html#alpha>.
6. Standish, E.M. An approximation to the outer planet ephemeris errors in JPL's DE200 // Astron. Astrophys. – 1990. – Vol. 233. – P. 272-274.
7. Cech J., Bufca L., Krivky L. Solar activate and the position of the inner planets. // “Solar-Terr. Predict. Prok. Workshop, Meudon, June 18-22, 1984”. – Boulder, Colo, Mass., 1986. – P. 320-323.
8. Вальдмайер М. Результаты и проблемы исследования Солнца. – М.: Иностранная литература, 1950. – С. 120.

9. Романчук П.Р., Криводубский В.Н., Лозицкий В.Г. М.А., Нуждина. Новые направления исследования Солнца и солнечно-земных связей в АО Киевского Университета // Вестник Киевского Университета, Астрономия. – 1984. – №26. – С.45-60.

*Нарманський В.Я. Сонячна активність і планетні конфігурації. Нові можливості прогнозування // Учені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2007. – Серія «Біологія, хімія». – Т. 20 (59), № 1. – С. 175-188.*

Створено новий метод прогнозування сонячної активності і сонячно-земних зв'язків. Основна ідея – використання кореляційних зв'язків між сонячною активністю та динамікою основних планет. Методом, який одержав назву «геліомеханіка» передбачений мінімум сонячної активності (вересень 2007 року).

**Ключові слова:** планетні конфігурації, Меркурій-Юпітер, Земля-Нептун.

*Narmansky V.J. Solar activity and planetary configurations. New opportunities in forecasting // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series “Biology, chemistry”. – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 175-188.*

The method of forecasting of solar activity and solar-terrestrial interaction created. The basic idea is about use of correlations between solar activity and simultaneous configurations of two planetary pairs Mercurio – Jupiter and Earth – Neptune. The method (named “heliomechanics”) has already succeeded in forecasting the minimum of solar activity (September, 2007).

**Keywords:** planetary configurations, Mercurio – Jupiter, Earth – Neptune.

Сведения об авторах

- Avino P.** Laboratorio Inquinamento Chimico dell' Aria, DIPIA-ISPEL, via Urbana 167, 00184 Rome, Italy; Tel +39 06 4714242, Fax: +39 06 4744017  
E-mail: pasquale.avino@ispesl.it
- Halberg Franz** Halberg Chronobiology Center, University of Minnesota, Minneapolis, MN, USA
- Perrone A.** Facoltà di Medicina, Università di Roma "La Sapienza", p.le A. Moro 5, 00185, Rome, Italy.
- Pisani A.** Centro Studi di Biometereologia, Rome, Italy.
- Russo1 M.V.** Facoltà di Agraria (DISTAAM), Università del Molise, via De Sanctis, 86100, Campobasso, Italy
- Valenzi V.I.** Facoltà di Scienze Mediche, Libera Università LUDES, Quartiere La Sguancia 4, 6900, Lugano, Svizzera.
- Артеменко Олександр Юрійович** кандидат біологічних наук, асистент кафедри біофізики біологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Україна.
- Булавицкая Вероника Михайловна** младший научный сотрудник лаборатории эндокринологии и токсикологии Научного центра радиационной медицины АМН Украины, аспирант без отрыва от производства 4-го года обучения 04050, г. Киев, ул. Мельникова, 53, Украина. тел.раб. 8(044)4839449
- Владимирский Борис Михайлович** Доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник КрАО и Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, Украина
- Гайда Людмила Миколаївна** аспірант другого року навчання кафедри біохімії біологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, вул. Володимирська, 64, 01033, Україна.  
E-mail: ludagaida@gmail.com
- Григорьев Павел Евгеньевич** кандидат биологических наук, доцент кафедры общей психологии Таврический гуманитарно-экологический институт, Симферополь, Украина. тел. (0652) 252-516.
- Дробінська Олеся Вадимівна** кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, зав. лабораторії фізико-хімічної біології біологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна. E-mail: bio\_depsience@mail.univ.kiev.ua
- Джелдубаева Эльвиза Рашидовна** ассистент кафедры физиологии человека и животных и биофизики Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, тел. (0652) 230-365, e-mail: delviza@rambler.ru.
- Еремина Александра Игоревна** студентка 5 курса кафедры физиологии растений и биотехнологии Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, Украина.

**Сведения об авторах**

---

- Карпюк Олександра Сергіївна** студентка 3-го курсу кафедри біохімії біологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Україна.
- Кравченко Ольга Олександрівна** аспірант кафедри біохімії біологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, вул. Володимирська, 64, 01033, Україна.  
E-mail: demidico@gmail.com
- Максимович Ярослава Сергіївна** аспірант кафедри біохімії біологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, вул. Володимирська, 64, 01033, Україна.  
E-mail: slavamaks@gmail.com
- Мандрик Сергій Ярославич** аспірант кафедри біохімії Київського Національного Університету ім. Тараса Шевченка, Київ, Україна.
- Мартынюк Виктор Семенович** кандидат биологических наук, доцент кафедры биофизики Киевского национального университет имени Тараса Шевченко, Украина.  
e-mail: mavis@science-center.net
- Махонина Марина Михайловна** ассистент кафедрой физиологии человека и животных и биофизики, Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина. тел. (0652) 230-365, E-mail: timur@crimea.edu.
- Мединська Катерина Олександрівна** аспірантка кафедри біофізики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 01033, Київ-33, вул. Володимирська, 64, кафедра біофізики, Україна.  
тел.: (044) 526-21-39.
- Мірошніченко Микола Степанович** доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біофізики Київського національного університету імені Тараса Шевченка. 01033, Київ-33, вул. Володимирська, 64, Україна. E-mail: mirosh@biocc.univ.kiev.ua
- Нарманский Владимир Яковлевич** директор лаборатории «Гелиоритм». 95000 г. Симферополь, ул. Гоголя, 3/19, e-mail: heliorhythm@mail.ru, тел. 25-30-52
- Нурищенко Наталія Євгенівна** доктор біологічних наук, професор кафедри біофізики, старший науковий співробітник відділу біофізики НДІ фізіології біологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 01033, Київ-33, вул. Володимирська, 64, Україна.  
E-mail: nnurish@univ.kiev.ua
- Обора Надія Ігорівна** студентка біологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 01033, Київ-33, вул. Володимирська, 64, кафедра біофізики, Україна.  
тел.: (044)526-21-39.
- Омельянюк Василь Степанович** кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу біофізики НДІ фізіології біологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 01033, Київ-33,

## Сведения об авторах

---

- вул. Володимирська, 64, відділ біофізики, Україна. E-mail: vasylom@univ.kiev.ua
- Остапченко Людмила Іванівна** доктор біологічних наук, професор кафедри біохімії біологічного факультету, декан біологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Україна.
- Отуріна Ірина Павлівна** кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізіології рослин і біотехнології, доцент Таврицького національного університету ім. В.І.Вернадського, Україна. тел.: (0652) 23-03-92.
- Погрібний Петро Васильович** доктор біологічних наук, завідувачий відділом біології пухлинної клітини інституту експериментальної патології, радіобіології і онкології ім. Р. С. Кавецького НАН України, Київ, Україна.
- Поскотінова Лія Владимірівна** кандидат медичних наук, зав.лабораторією биоритмології, Інститут фізіології природних адаптацій Уральського відділення РАН, Архангельськ, Росія. Тел. (8182)28-62-65, Факс (8182) 65-29-65. E-mail: liliya200572@mail.ru;ifpa@atnet.ru
- Сидорик Людмила Леонідівна** кандидат біологічних наук, завідувача лабораторією механізмів аутоімунних захворювань інституту молекулярної біології і генетики НАН України, Київ, Україна.
- Тверезовський Михайло Володимирович** начальник санітарно-епідеміологічного загону (регіонального) – Головний державний санітарний лікар (регіону), Україна. тел.:(80482) 36-45-48
- Темурьянц Наталія Арменаковна** доктор біологічних наук, професор кафедри фізіології людини і тварин і біофізики Таврицького національного університету ім. В.І. Вернадського, Україна. E-mail: timur@crimea.edu .
- Чурилова Татяна Яковлівна** кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу екологічної фізіології водоростей, ИНБИОМ ім. А.О. Ковалевського НАН України, 99011, Севастополь, пр. Нахімова, 2, Україна.
- Чуян Елена Николаевна** доктор біологічних наук, професор, завідувача кафедрою фізіології людини і тварин і біофізики, Таврицький національний університет ім. В.І. Вернадського, Сімферополь, Україна тел. (0652) 230-365. E-mail: timur@crimea.edu.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Владимирский Б.М.</i> К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А.Л. ЧИЖЕВСКОГО. А.Л. ЧИЖЕВСКИЙ И ФЕНОМЕН РУССКОГО КОСМИЗМА .....	3
<i>Мартынюк В.С., Темурьянц Н.А.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ГИПОТЕЗЫ СОЛНЕЧНО-БИОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ .....	8
<i>Григорьев П.Е., Владимирский Б.М.</i> ЭФФЕКТЫ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ В ТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ .....	28
<i>Григорьев П.Е., Поскотинова Л.В.</i> ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СВЯЗЕЙ ДИНАМИКИ ВЕГЕТАТИВНЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ГЕЛИОМЕТЕОФАКТОРАМИ .....	47
<i>Чуян Е.Н., Григорьев П.Е.</i> ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СВЯЗЬ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗМА С ВАРИАЦИЯМИ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ .....	58
<i>Махонина М.М., Чуян Е.Н.</i> БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯХ БЛОКАДЫ ОПИОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ .....	74
<i>Владимирский Б.М., Конрадов А.А.</i> КОСМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ГЕОФИЗИКА И ВНУТРИСУТОЧНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РИТМЫ .....	92
<i>Russo M.V., Perrone A., Pisani A., Valenzi V.I., Avino P.</i> THE ROLE OF THE AIR POLLUTION IN THE CHRONIC OBSTRUCTIVE RESPIRATORY DISEASES .....	101
<i>Franz Halberg</i> Challenges from "60 YEARS OF TRANSLATIONAL CHRONOBIOLOGY" .....	107
<i>Нурищенко Н.Є., Омелянюк В.С., Мірошніченко М.С., Обора Н.І., Медінська К.О.</i> ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКУ РІЗНИХ РЕЖИМІВ НА СПЕКТРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКТОМІОЗИНУ .....	123
<i>Булавицкая В.М.</i> АНЕУПЛОДИЗАЦИЯ ГЕНОМА И ПОТЕРЯ ДНК РАДИАЦИОННО ПОВРЕЖДЕННЫМИ СПЕРМАТОЗОИДАМИ ЖИВОТНЫХ .....	129
<i>Отурина И.П. Ерёмкина А.И., Чурилова Т.Я.</i> ОСОБЕННОСТИ СВЕТОВОЙ АДАПТАЦИИ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ .....	135
<i>Дробінська О. В., Гайда Л.М., Карпюк О.С., Остапченко Л.І.</i> АКТИВНІСТЬ ГЛУТАТІОН-S-ТРАНСФЕРАЗИ В ГЕПАТОЦИТАХ ТА ПАРИСТАЛЬНИХ КЛІТИНАХ ШЛУНКА ЩУРІВ ЗА УМОВ РОЗВИТКУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО АТРОФІЧНОГО ГАСТРИТУ .....	141
<i>Дробінська О. В., Кравченко О.О., Артеменко О. Ю., Остапченко Л.І.</i> ВМІСТ ЦИТОПЛАЗМАТИЧНОГО Ca <sup>2+</sup> В КОЛОНОЦИТАХ ЩУРІВ ЗА УМОВ РОЗВИТКУ ВИРАЗКОВОГО КОЛІТУ .....	146

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<i>Дробінська О.В., Максимович Я.С., Остапченко Л.І.</i> ВПЛИВ ІНГІБІТОРІВ СИНТЕЗУ ОКСИДУ АЗОТУ НА ПРОЦЕСИ ВИРАЗКОУТВОРЕННЯ .....	151
<i>Мандрик С.Я., Сидорик Л.Л., Погрібний П.В., Остапченко Л.І.</i> ВПЛИВ САЛІЦИЛАТУ І ДИОКСИХОЛАТУ НАТРІЮ НА РІВЕНЬ ЕКСПРЕСІЇ БІЛКІВ ТЕПЛОВОГО ШОКУ HSP70 і HSP90 У КУЛЬТУРІ КЛІТИН РАКУ ШЛУНКА ЛЮДИНИ .....	157
<i>Тверезовський М.В.</i> РЕГІОНАЛЬНІ ВІДМІННОСТІ МІКРОБНОГО ПЕЙЗАЖУ ПО ЧАСТОТІ ЗУСТРІЧАЄМОСТІ ТА КІЛЬКІСНОМУ СКЛАДУ МІКРОБНИХ АСОЦІАЦІЙ ІЗОЛЬОВАНИХ ВІД ХВОРИХ НА РИНОСИНУСИТИ В АР КРИМ .....	163
<i>Джелдубаева Э.Р., Чуян Е.Н.</i> ИНФРАДИАННАЯ РИТМИКА БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ.....	168
<i>Нарманский В.Я.</i> СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ПЛАНЕТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ. НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ.....	175
Сведения об авторах .....	189