

9. Пятакович Ф. А., Пронин В. Т., Якунченко Г. И. Патент № 2127135 от 10.03.1999 г. на изобретение: «Способ коррекции функциональных состояний» (от 22.02.94.г.)
10. Пятакович Ф. А., Баранов В. И., Камышанченко П. В., Куриленко Н. И. Оценка эффективности биотехнической системы монохромной цветостимуляции, предназначенной для лечения заболевания глаз. Материалы Международной технической конференции «Медико-экологические информационные технологии», 19-22 мая 1998 г. – Курск.–С. 47-49.
11. Пятакович Ф. А., Афанасьев Ю. И., Якунченко Т. И. Методы диагностических исследований сердечно-сосудистой системы. Учебное пособие.– Белгород: Изд-во БелГУ, 1999 – 176 с
12. Якунченко Т. И., Пятакович Ф. А., Цатурян А. А. Автоматизированная система хронокоррекции вегетативного статуса больных язвенной болезнью. Сборник материалов Всесоюзной конференции Методы исследования и лечения, аппаратные системы и ЭВМ в гастроэнтерологии Железноводск; Ессентуки. 9-11 октября 1991.– С 342-343.
13. Якунченко Т. И. Автоматизированное прогнозирование обострений язвенной болезни. Сб материалов 2-й Международной конференции «Распознавание». Курск, 1995.– С. 178-180.
14. Якунченко Т. И., Пятакович Ф. А., Должиков А. А., Куриленко Н. И., Хашана Ю. Х. Алгоритмы управления в биотехнической системе цветостимуляции: Медико-экологические информационные технологии-99. Материалы Второй международной научно-технической конференции, 19-21 мая 1999 года.– Курск.– С 14-16.
15. Furlan R, Guzzetti S. W.: Continuous 24-hour assessment of the neural regulation of systemic arterial pressure and RR variabilities in ambulant subjects. *Circulation*. 1990 81:537.
16. Malik M., Farrch T. G.. Circadian rhythm of heart rate variability after acute myocardial infarction and its influence on the prognostic value of heart rate variability. *Am. J. Cardiol.*, 1990. 66, 1049.
17. Malik M., Farrell T. G.: Evaluation of receiver operator characteristics. Optimal time of day for the assessment of heart rate variability after acute myocardial infarction. *Int. J. Biomed. Comput*, 1991. 29. 175.
18. Malpas S. C., Maling T. J. B Heart rate variability and cardiac autonomic function in diabetes. *Diabetes*. 1990. 41, 177
19. Malpas S. C., Whiteside E. A.: Heart rate variability and cardiac autonomic function in men with chronic alcohol dependence *Br Heart J.*, 1991. 65, 84.
20. Saul J. P., Albrecht P., Berger R. D., Cohen R. J. Analysis of long-term heart rate variability: methods, 1/f scaling and implication // *Computers in cardiology* 1987. Washington, DC: IEEE Computer Society Press 1988 - P. 419-22
21. Sayers B. M. Analysis of heart rate variability. // *Ergonomics* 1973, N16.– P.17-32
22. Schwartz P. L., Priori S. G. Sympathetic nervous system and cardiac arrhythmias // In Zipes DP, Jalife J, eds *Cardiac Electrophysiology: From Cell to Bedside* Philadelphia, Pa WB Saunders Co.- 1990 - P 330-343

## ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ХРОНОДИАГНОСТИКИ И ХРОНОФИЗИОТЕРАПИИ

**Ф. А. Пятакович, Т. И. Якунченко, А. А. Должиков,  
Н. В. Сороколцова, Л. В. Хливченко, А. Г. Варакин, С. Н. Хорошилов**

Кафедра профилактики внутренних болезней БелГУ

В последние десятилетия внимание отечественных зарубежных специалистов привлекли хронобиологические методы диагностики (1,2,6), лечения и профилактики различных заболеваний (9,10). Эти методы увеличивают согласование межсистемных механизмов регуляции различных функций (20), восстанавливают нарушенную гармонию ритмов в организме в целом (13), усиливают механизмы саморегуляции (12,19), усиливают репаративные процессы (16,17,18,20,23), коррегируют иммунную и

антиоксидантную защиту организма (5, 11,15, 22, 24).

Большой интерес у исследователей вызывают методы воздействия с помощью света и цвета: это гелио-талассотерапия, лазеротерапия (3,4,7,8,14,21).

В этой связи нами избрано направление разработки биотехнических систем, работающих на основе биологической обратной связи с использованием экологически чистых электромагнитных излучений миллиметрового и оптического диапазона длин волн.

Нами рассматриваются специальные подходы для ввода и обработки электрофизиологической информации с использованием хрономодуля в биотехнических системах цветостимуляции и распознавания функциональных состояний человека. Реализация хронодиагностического подхода требует использования биотехнических систем, обеспечивающих ввод медико-биологической информации в режиме реального времени. Для этих целей был использован блок ввода пульсометрической информации, разработанный по нашим медико-техническим требованиям (рис. 1).

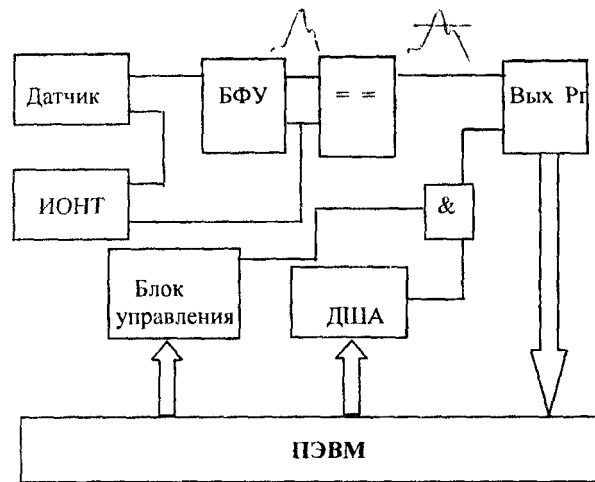


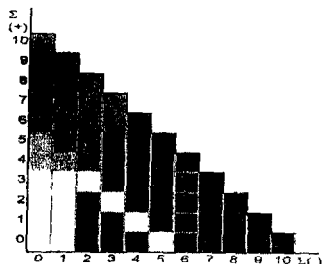
Рис 1 Структурная схема хронодиагностического модуля

Блок выполнен в виде печатной платы с ISA-разъемов. Плата практически не использует ресурсов ПЭВМ (требуется лишь порт ввода-вывода с адресом по умолчанию  $544_{10}$  [ $0220_{16}$ ]), не требует какой-либо специальной аппаратной настройки и корректно работает с операционными системами DOS, Windows. Из-за малой потребляемой мощности не требуется отдельный источник питания. От блока питания ПЭВМ плата использует линии  $+5В$ ,  $\pm 12В$ . Собственно датчик пульса выполнен в виде пары светодиод-фототранзистор, работающей в инфракрасном диапазоне.

Датчик пульса работает следующим образом. С источника опорного напряжения/тока (ИОНТ) подается постоянный ток, проходящий через светодиод датчика в прямом направлении. Излучение, испускаемое светодиодом, проходит через живую ткань пациента (ногтевая фаланга пальца или мочка уха). За счет наполнения капилляров кровью «прозрачность» живой ткани для излучения, испускаемого светодиодом, изменяется и, следовательно, фототранзистор принимает «искаженное» излучение. Отфильтрованный и усиленный с помощью

блока фильтрации-усиления (БФУ) сигнал подается на один вход компаратора. На другой вход компаратора подается опорное напряжение с ИОНТ. В результате сравнения двух сигналов, на выходе которого формируются импульсы прямоугольной формы длительностью, равной межпульсовому интервалу. Эти импульсы отражаются в старшем разряде выходного регистра (544 порт), содержимое которого с помощью программного обмена поступает в оперативную память ПЭВМ и далее обрабатываются программным модулем. При этом на системной магистрали ПЭВМ формируется адрес выходного регистра в сочетании с сигналами управления (адрес и сигнал управления воспринимаются и декодируются с помощью дешифратора адреса (ДША) и блока управления на плате).

Для оценки состояния регуляторных механизмов была использована специальная автоматизированная система с базой знаний, позволяющей проводить анализ по следующим критериям: суммарный эффект всех регуляторных влияний; функция автоматизма; устойчивость регуляции; вегетативный гомеостаз; активность подкорковых нервных центров; уровень адаптации.



- Минимальное напряжение
- ▤ Функциональное напряжение
- ▨ Функциональное перенапряжение
- Асенизация

Рис 2 Построение заключения об уровне адаптации пациента

Каждому из рассчитанных критериев ставился в соответствие тот или иной коэффициент (-2, -1, 0, 1 и 2). Затем по сумме положительных и отрицательных коэффициентов рассчитывалось итоговое заключение об уровне адаптации пациента (рис. 2).

Рассмотрены модели цветостимуляции, способы копирования и предъявления информации, алгоритмы цветостимуляции. Сформулированы основные медико-технические требования к разработке биотехнической системы цветостимуляции и представлена ее структурная характеристика.

Биотехническая система включает в себя ПЭВМ (с монитором VGA), хрономодуль, подключенный к ПЭВМ, принтер (рис. 3).

Управление всеми компонентами биотехнической системы возложено на ПЭВМ.

Хрономодуль содержит датчики, имеющие надежную гальваническую развязку с пациентом, служит для получения диагностической информации о состоянии пациента, а также для синхронизации и биоуправления воздействием. При этом осуществляется программный обмен данными между ПЭВМ и периферийным устройством (платой хрономодуля).

Считанный из выходного регистра хрономодуля байт данных анализируется, и при обнаружении единицы в старшем разряде начинается отсчет нового межпульсового интервала. С помощью микросхемы таймера ПЭВМ измеряется межпульсовый интервал, а также формируется звуковой сигнал. В соответствии с логикой работы программный модуль вносит изменения в память видеоконтроллера (ВК). Структурная схема воздействия представлена на рис. 4.

В процессе воздействия с помощью датчика постоянно контролируется сигнал пульса. В случае обнаружения очередного пульсового удара, согласно алгоритма, происходят изменения первоначальных значений длительности импульса-паузы, высоты столбика дыхания. При этом из-за изменения соотношения длительности импульса-паузы происходит изменение скважности, а значит, и интенсивности воздействия. Из-за малой длительности межпульсовых интервалов

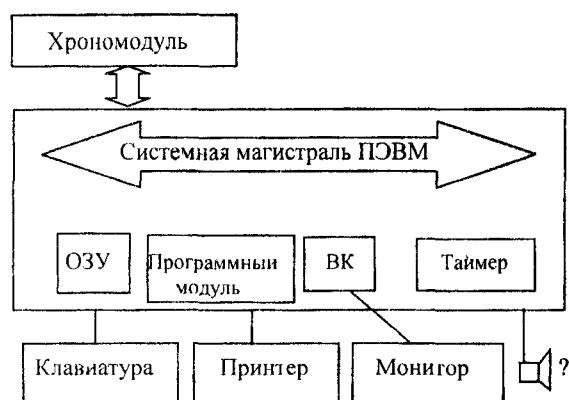


Рис 3 Структурная схема биотехнической системы цветостимуляции

вся процедура внесения изменений в алгоритм воздействия должна занимать очень мало времени (приблизительно 0,05 секунды).

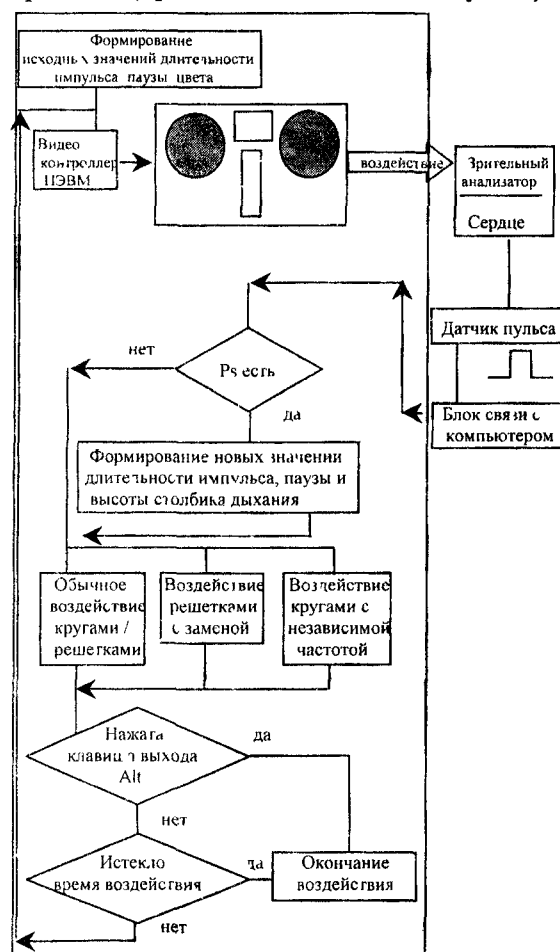


Рис 4 Структурная схема воздействия

Реализация биологических систем с обратной связью, эффективность которых

зависит от воздействия с интервалами времени меньшими или сравнимыми с квантами, затруднительно гарантировать стабильность положительного эффекта воздействия. Такие системы, возможно, требуют дополнительного аппаратного оборудования для стабилизации чистоты воздействия или реализации в ОС MS DOS. Медико-диагностические системы, не связанные со сравнимым с квантом периодом воздействия, могут быть реализованы в Windows без конструирования и подключения дополнительного оборудования.

В связи с этим, все операции управления процедурой воздействия выполняются на низком уровне. Изменения на экран вносятся путем прямого программирования видеоконтроллера. За счет этого, а также за счет операций с таймером, система цветостимуляции не может корректно работать в многозадачной среде (такой, как Windows).

Объектом воздействия являются один или два круга (или решетки), расположенные в верхней части экрана симметрично относительно вертикальной оси. Воздействие происходило либо фиксированной частотой, либо с плавно меняющейся частотой (0,5-14 Гц и 8-14 Гц). В последнем случае частота циклически менялась по истечении периода воздействия, задаваемого в межпульсовых интервалах. Цвет объектов воздействия выбирался из синего, голубого, светло синего, зеленого, красного, оранжевого, желтого и фиолетового, коричневого и серого.

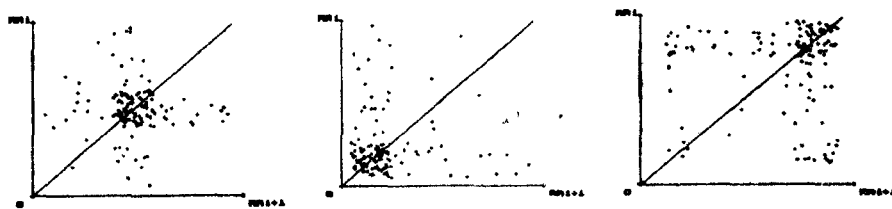
В процессе воздействия для принудительного навязывания дыхательного ритма на экране отображается столбик дыхания. В момент фиксирования очередного пульсового интервала в центре экрана кратковременно отображается сигнальная рамка красного цвета и генерируется звуковой сигнал. Внутри рамки выводится текущее значение частоты сердечных сокращений.

В системе реализовано управление интенсивностью воздействия. С каждым ударом пульса при неизменной частоте воздействия. Меняется соотношение длительностей импульса и времени паузы. Так, на высоте вдоха, длительность импульса максимальна, длительность паузы – минимальна. По мере выдоха это соотношение меняется, и во время паузы после выдоха получается наоборот: длительность импульса – минимальна, длительность паузы – максимальна.

Хронодиагностический модуль использован нами уже для разработки системы прогнозирования исходов мерцательной аритмии.

Решение о благоприятности восстановления синусного ритма биотехническая система принимает на основе автоматической дифференциации **авторегрессионного облака (АРО)**, построенного по вектору межпульсовых интервалов больного.

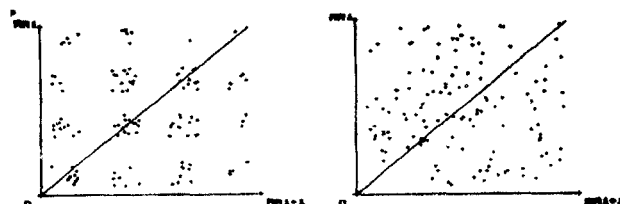
Исследования показали, что полная беспорядочность чередования межпульсовых интервалов является кажущейся. На самом деле можно выделить **пять типов АРО** при мерцательной аритмии.



Тип I. Мономодальный симметричный

Тип II. Мономодальный асимметричный

Тип III. Мономодальный инвентированный.



Тип IV. Полимодальный

Тип V. Амодальный

Выявление меры влияния синусового узла при мерцательной аритмии с помощью авторегрессионного анализа позволяет прогнозировать результаты дефибриляции и трепетания предсердий антиаритмическими препаратами (*например, хинидином*).

Результаты верификации по показателям чувствительности и специфичности системы показали ее высокую эффективность.

#### Литература

1. Асланян Н. Л. О хронобиологическом подходе к диагностике и терапии некоторых заболеваний сердечно-сосудистой системы // Тер. арх. – 1986. – Т. 8. – № 1. – С. 45-47.
2. Ахутин В. М. Методика и биотехнические комплекс для обследования и коррекции психофизиологического состояния спортсменов // Изв. ЛЭТИ, 1988. – Вып. 405. – С. 3-8.
3. Баранов В. И., Пятакович Ф. А., Куриленко Н. И., Якунченко Т. И., Сагулина Л. К. Клиническая эффективность биоуправляемых систем паттерновой и монохромной цветостимуляции. // Измерительные информационные технологии и приборы в охране здоровья: Материалы Международной научно-практической конференции Метромед-99. 29 июня-1 июля 1999 г. – Санкт-Петербург. – С. 11-12.
4. Вельховер Е. С. Клиническая иридология. – М.: Орбита, 1992.
5. Загускин С. Л., Загускина Л. Д., Костровицкий Ю. В. Биоритмологические методы и аппараты для диагностики и биоуправляемой физиотерапии // Методы исследования и лечения, аппаратные системы и ЭВМ в гастроэнтерологии: Тез. докл. Всесоюзной конференции. – Железноводск; Ессентуки, 1991. – С. 287-289.
6. Заславская Р. М. Хронодиагностика и хронотерапия заболеваний сердечно-сосудистой системы. – М.: Медицина, 1991. – 319 с.
7. Использование приемов функционального биоуправления в комплексном лечении амблиопии / Туманян С. А., Богданов О. В., Михайленок Е. А., Мовсисянц С. А. и др. // Вестн. офтальмологии. – 1993. – № 4. – С. 11-13.
8. Козлов В. И., Буйлин В. А. Лазеротерапия с применением АЛТ «Мустанг». – Москва, 1994. – 115 с.
9. Комаров Ф. И., Загускин С. Л., Рапопорт С. И. Хронобиологическое направление в медицине: биоуправляемая хронофизиотерапия // Терапевтический архив. – 1994. – № 8. – С. 3-6.
10. Мельников Л. Н. Прибор «релаксатор» для снятия нервного напряжения // Проблемы адаптации человека к длительному космическому полету в трудах К. Э. Циолковского и современность: Труды 12 - 13-х чтений. – Калуга, 1977-1978: Секция «Проблемы космической медицины и биологии». – М., 1979. – С. 169-174.
11. Пятакович Ф. А., Якунченко Т. И., Фоменко А. И. // Патент № 2110291 от 10.05.1998 г. Приоритет от 27.07.1993 г. «Способ лечения пародонтоза и устройство для его осуществления».
12. Пятакович Ф. А., Пронин В. Т., Якунченко Т. И. Патент № 2127135 от 10.03.1999 г. на изобретение: «Способ коррекции функциональных состояний». Приоритет от 22.02.94. г.
13. Пятакович Ф. А. Циклически управляемая биноккулярная синхроцветостимуляция // Циклические процессы в природе и обществе: Материалы Второй Международной конференции «Циклические процессы в природе и обществе» и Третьего Международного семинара «Золотая пропорция и проблемы гармонии систем». – Ставрополь, 1994. – С. 66-70.
14. Пятакович Ф. А., Пронин В. Т., Якунченко Т. И. Биоуправляемый синхро-цветозвукостимулятор. Свидетельство № 3093 от 16.11.1996 г. Опубл. Бюл. № 11 от 16.11.1996 г.
15. Пятакович Ф. А., Якунченко Т. И. Патент № 2124909 от 20.01.1999 г на изобретение: «Синхропульсар-ММ для КВЧ терапии». Приоритет от 6.05.1996 г.
16. Пятакович Ф. А., Якунченко Т. И. Клиническая оценка эффективности биоуправляемой системы ММ-терапии, работающей на лампе обратной волны // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1997. – № 9-10. – С. 39-45.
17. Пятакович Ф. А., Баранов В. И., Камышанченко Н. В., Куриленко Н. И. Оценка эффективности биотехнической системы монохромной цветостимуляции, предназначенной для лечения заболевания глаз: Материалы Международной технической конференции «Медико-экологические информационные технологии». 19-22 мая 1998 г. – Курск. – С. 47-49.
18. Пятакович Ф. А., Якунченко Т. И., Фоменко А. И. Способ лечения пародонтоза и устройство для его осуществления. Патент № 21101291. от 10.05.1998 г.
19. Пятакович Ф. А., Якунченко Т. И., Куриленко Н. И., Хашана Ю. Х. Биотехническая система для фотостимуляции и электростимуляции // Измерительные информационные технологии и приборы в охране здоровья: Материалы Международной научно-практической конференции Метромед-99. 29 июня-1 июля 1999 г. – Санкт-Петербург. – С. 69-70.
20. Русаков В. И., Загускин С. Л., Слюсарев С. Л., Бубнов В. И. Способ лечения трофических ЯЗВ // АС СССР № 1750702 от 28.03.91 г.
21. Pyatakovich F., Yakountchenko T. Systeme biotechnique de couleurstimulation // 25<sup>eme</sup> salon international de Geneve des-inventions des techniques et produits nouveaux. Catalogue officiel. 11-20 avril 1997. – P. 161.
22. Pyatakovich F., Yakountchenko T. Therapie controle par millimetre // Salon international de Geneve

des inventions des techniques et produits nouveaux. Catalogue officiel. 11-20 avril 1997 – P. 162.

23 Pyatakovich F, Erchov S. Synchropulsateur-in a commande programme // Salon mondial de Brussels-Eureka des recherche et des nouvelles technologies. Catalogue officiel. 5-12 octobre 1997. – P.233.

24. Якунченко Т. И., Пятакович Ф. А. Биотехническая система для миллиметровой хронофизиотерапии: Тезисы V Международного конгресса «Иммунореабилитация и реабилитация в медицине».- Тенерифе, Испания 1-7 мая 1999 г.– С. 116. International Journal Immunorehabilitation. May 1999 Number 12.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ БИОУПРАВЛЯЕМОЙ МИЛЛИМЕТРОВОЙ ТЕРАПИИ**

**Ф. А. Пятакович, Т. И. Якунченко**

Кафедра пропедевтики внутренних болезней медфакультета БелГУ

Фармакотерапия при многих заболеваниях занимает ведущее место среди всех возможных методов лечения. Однако, наличие разнообразных побочных эффектов и осложнений заставляет медиков акцентировать внимание на альтернативных методах терапии, и в частности, экологически чистых электромагнитных излучениях.

В последние годы, наряду с успешным использованием низкоинтенсивного лазерного излучения, находит применение воздействие на организм человека низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона длин волн.

Миллиметровая терапия (ММ-терапия, или КВЧ-терапия) в последние годы получила широкое распространение в практической медицине.

### **Методологические приемы оптимизации ММ-терапии**

В литературе по физиотерапии рассматривают следующие пути оптимизации воздействий с помощью физических факторов: 1) подбор дозиметрических параметров, включая продолжительность, режим, частоту, интенсивность; 2) путь комбинирования и сочетания физических факторов; 3) использование различной локализации воздействия- местные, общие, сегментарно-рефлекторные, зоны, биологически активные точки; 4) выбор режима воздействия-

непрерывный, или импульсный; 5) учет циркадных ритмов.

Известно, что случайный выбор фазы воздействия или воздействие при помощи так называемого "белого шума" дает положительный эффект в 40% случаев за счет неспецифической активации процессов регенерации, у 50% пациентов этот эффект статистически недостоверен, а у 10% отмечают ухудшение состояния. Таким образом, путь подбора со случайным угадыванием селективных частот обрекает физиотерапевтов на бесконечный их поиск [1].

Кроме того, все биохимические процессы, обеспечивающие выполнение разнообразных физиологических функций в организме человека, совершаются циклически, повторяясь с присущими им индивидуальными периодами, непрерывно изменяясь по абсолютным значениям. Все это указывает на то, что практически невозможно подобрать набор резонансных частот, пригодных для всех случаев жизни у различных пациентов [2].

Наиболее перспективным следует признать направление работ, рассматривающих оптимизацию воздействия физическим фактором в соответствии с принципами биоритмологии: синхронизации с пульсом воздействия импульсными токами низкой частоты [3], биосинхронизации пульса и ультразвукового способа воздействия [4], модуляции пульсо-