

В.Ф. Киричук, А.А. Цымбал

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИЙ ГЕМОСТАЗА

Аннотация

Исследование посвящено изучению влияния электромагнитных волн терагерцового диапазона на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц на нарушенный процесс свертывания крови и ее фибринолитический потенциал в условиях экспериментального стресса.

Показано, что у животных, находящихся в состоянии иммобилизационного стресса, выявлены значительные гиперкоагуляционные изменения и угнетение фибринолитических свойств крови.

Воздействие терагерцового излучения на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц в течение 5 мин на животных, находящихся в состоянии иммобилизационного стресса, не вызывало значительного изменения нарушенных показателей гемостаза и фибринолиза.

Выявлено, что при воздействии на животных на фоне иммобилизационного стресса электромагнитными волнами терагерцового диапазона на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц в течение 15 мин наблюдается частичная нормализация показателей, характеризующих коагуляционный каскад и фибринолиз. Воздействие терагерцовым излучением на указанных частотах в течение 30 мин вызывало полную нормализацию процессов гемокоагуляции и фибринолиза – все изучаемые показатели коагуляционного звена системы гемостаза и фибринолиза не отличались от показателей животных группы контроля.

Таким образом, на основании представленных данных можно сделать вывод о положительном влиянии терагерцового излучения на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц на нарушенные коагуляционные свойства крови и процессы фибринолиза у животных, находящихся в состоянии иммобилизационного стресса. Наиболее эффективным в восстановлении показателей гемокоагуляции и фибринолитической активности крови является 30-минутный режим облучения.

В возникновении многих форм патологии человека важную роль играет чрезмерная по интенсивности или длительности стрессорная реакция, вызванная различными факторами окружающей среды [1]. Одним из основных патогенетических механизмов острых и хронических стресс-реакций является изменение состояния различных звеньев системы гемостаза [1], [2]. При интенсивном и длительном стрессе внутрисосудистая активация системы гемостаза может привести не только к образованию гемостатического тромба у мест повреждения стенки сосуда, но и к нарушению течения всех фаз коагуляционного каскада, повышению функциональной активности тромбоцитов и диссеминированному внутрисосудистому свертыванию крови [2].

Существующие в настоящее время медикаментозные методы коррекции функций системы гемостаза нередко оказываются недостаточно эффективными, требуют тщательного лабораторного и клинического контроля во время применения, имеют широкий спектр противопоказаний и побочных эффектов. Многие авторы отмечают высокую стоимость медикаментозного лечения расстройств системы гемостаза и фибринолиза [3].

Терапия электромагнитными волнами в частотном диапазоне $10^2 \dots 10^4$ ГГц или с длинами волн от 3 мм до 30 мкм является новым перспективным методом лечения различных заболеваний [4], [5]. Терагерцовый диапазон частот (ТГц) все больше обращает на себя внимание, поскольку в этом диапазоне в основном сосредоточены частотные спектры излучения и поглощения важнейших активных

клеточных метаболитов (NO , O_2 , CO_2 , CO , OH^- и др.) [6]. Фундаментальной основой функционирования сложных биологических систем являются молекулы-метаболиты – стабильные и строго воспроизводимые молекулярные структуры биосреды. Поэтому детерминированное управление их реакционной способностью с помощью излучения, совпадающего по спектрам их излучения и поглощения, позволяет направленно регулировать процесс метаболизма в биосреде. Анализ биомедицинских эффектов электромагнитного излучения на частотах молекулярных спектров атмосферных газов-метаболитов показывает прямую связь спектров заданного метаболита и его свойств в биосреде. Это соответствует представлениям о веществе и поле как о единой системе [4], [5].

Наибольший интерес в настоящее время вызывает использование терагерцовых волн частотой 129,0 ГГц, соответствующей спектру излучения и поглощения атмосферного кислорода [5]. Поскольку недостаток кислорода в органах и тканях ведет к нарушению окислительных процессов, изменяя нормальное функционирование и жизнедеятельность всего организма в целом, обуславливая гипоксию и ишемию, важным является изучение электромагнитного излучения на частоте молекулярного кислорода [6].

Цель исследования – изучить влияние терагерцового излучения на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц на коагуляционную и фибринолитическую активность крови белых крыс при экспериментальной стресс-реакции.

Методика

Изучали образцы крови 75 белых беспородных крыс-самцов массой 180...220 г.

В качестве модели, имитирующей нарушения в системе свертывания крови и фибринолиза, применяли иммобилизационный стресс – фиксацию крыс в положении на спине в течение 3 ч [7]. Исследование проводилось в пяти группах животных по 15 особей в каждой: 1 группа, контрольная – интактные животные; 2 группа, группа сравнения – животные в состоянии иммобилизационного стресса; 3, 4 и 5 группы – опытные, в которых животные подвергались однократному терагерцовому облучению на частоте 129,0 ГГц в течение 5, 15 и 30 мин соответственно на фоне иммобилизации.

Для устранения влияния сезонной и циркадной зависимости на показатели гемостаза и фибринолиза эксперименты проводились в осенний период в первой половине дня. Все животные при проведении эксперимента находились в одинаковых условиях.

Однократное облучение животных на фоне стресса в течение 5, 15 и 30 мин проводилось электромагнитными волнами терагерцового диапазона на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц с помощью аппарата КВЧ-О₂, на участке кожи площадью 3 см² над областью мечевидного отростка грудины. Облучатель располагался на расстоянии 1,5 см над поверхностью тела животного. Плотность мощности, падающей на участок кожи размером 3 см², составляла 100 мкВт/см².

Аппарат КВЧ-О₂, разработан в Медико-технической ассоциации «КВЧ» (г. Москва) совместно с ФГУП «ННП-Исток» (г. Фрязино) и ОАО «НИИ измерительной аппаратуры» (г. Саратов). Аппарат состоит из излучателя ТГЧ и блока питания. Излучатель ТГЧ состоит из генератора на диоде Ганна, согласующей мембраны, закрытой круглой металлической диафрагмой с диаметром отверстия 4 мм, корпуса и экранированного шнура питания для соединения с блоком питания. Рабочая частота аппарата составляет 129 ГГц ± 0,3 %, частота частотной модуляции – 100 Гц, девиация частоты – 1 ГГц [8]. Структура молекулярного ТГЧ-спектра электромагнитного излучения атмосферного кислорода формируется в соответствии с методами, предложенными и реализованными в квазиоптическом КВЧ генераторном комплексе моделирования детерминированных шумов для биофизических исследований, разработанном в ОАО «НИИ измерительной аппаратуры» [6].

Забор крови для исследования осуществляли в пластиковые пробирки посредством пункции сердца. В качестве стабилизатора крови использовали 3,8%-ный раствор цитрата натрия в соотношении 9:1.

Коагуляционные и фибринолитические свойства крови белых крыс исследовались с помощью серии тестов, выполненных на турбидиметрическом ге-

мокоагулометре CGL 2110 «Solar» (г. Минск, Республика Беларусь), с использованием реактивов фирм НПО «РЕНАМ» (г. Москва, Россия).

Основными показателями, характеризующими коагуляционное звено системы гемостаза, явились: активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ); протромбиновое время, международное нормализованное отношение (МНО); концентрация фибриногена, тромбиновое время и активность фактора XIII в плазме крови. Антикоагулянтная активность крови исследовалась с помощью определения активности естественных антикоагулянтов антитромбина-III и протеина С плазмы крови. Фибринолитический потенциал крови изучался с помощью Хагеман-зависимого и индуцированного стрептокиназой эуглобулинового фибринолиза, расчетом индекса резерва плазминогена.

Эксперименты на животных проводились в соответствии с Женевской конвенцией «International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals» (Женева, 1990 г.).

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием пакета программ Statistica 6.0.

Работа включена в программу РАМН «Научные медицинские исследования Поволжского региона на 2008-2010 гг.» по направлению «Экспериментальные исследования влияния радиоимпульсного излучения на функциональное состояние белых крыс (биообъекты) при различных видах стресса».

Результаты

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что у животных, находящихся в состоянии иммобилизационного стресса, выявлены значительные гиперкоагуляционные изменения, проявляющиеся сокращением АЧТВ, протромбинового времени, снижением МНО, одновременной активацией III фазы гемокоагуляции, т. к. тромбиновое время имело четкую тенденцию к укорочению, а концентрация фибриногена и активность фактора XIII были повышены. Вместе с этим падала антикоагулянтная активность крови, что проявлялось в снижении активности антитромбина-III и дефиците протеина С (табл. 1, 2). Фибринолитическая активность крови также изменялась в состоянии иммобилизационного стресса, что проявлялось в угнетении Хагеман-зависимого и индуцированного стрептокиназой эуглобулинового фибринолиза (табл. 2).

Таким образом, вышеизложенные факты свидетельствуют о влиянии иммобилизационного стресса на организм животного, в результате чего происходит нарушение процесса свертывания крови и фибринолиза.

Воздействие терагерцового излучения на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц в течение 5 мин на животных, находящихся в состоянии иммобилизационного стресса, не вызывало значительно-

Состояние коагуляционного звена системы гемостаза у белых крыс при экспериментальной стресс-реакции и различных временных режимах воздействия электромагнитным излучением терагерцового диапазона на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц

Показатели	Интактные животные (n = 15)	Стресс (n = 15)	Облучение на фоне стресса в течение		
			5 мин (n = 15)	15 мин (n = 15)	30 мин (n = 15)
АЧТВ, с	24,8 (21,3; 26,3)	19,0 (17,9; 20,0) $P_1 < 0,05$	19,9 (18,1; 21,1) $P_1 < 0,05; P_2 > 0,05$	23,4 (21,2; 25,5) $P_1 > 0,05; P_2 < 0,01; P_3 < 0,05$	25,1 (22,8; 27,6) $P_1 > 0,05; P_2 < 0,05; P_3 < 0,05; P_4 > 0,05$
Протромбиновое время, с	19,5 (17,3; 21,2)	15,0 (14,0; 18,0) $P_1 < 0,01$	16,1 (15,0; 17,8) $P_1 < 0,05; P_2 > 0,05$	17,2 (16,2; 20,1) $P_1 < 0,05; P_2 < 0,05; P_3 > 0,05$	18,8 (17,5; 21,5) $P_1 > 0,05; P_2 < 0,01; P_3 < 0,05; P_4 < 0,05$
Международное нормализованное отношение (усл. ед.)	1,22 (0,88; 1,44)	0,86 (0,77; 1,11) $P_1 < 0,05$	0,99 (0,80; 1,20) $P_1 < 0,05; P_2 > 0,05$	1,01 (0,91; 1,44) $P_1 < 0,05; P_2 < 0,01; P_3 > 0,05$	1,11 (1,00; 1,35) $P_1 > 0,05; P_2 < 0,05; P_3 < 0,05; P_4 < 0,01$
Тромбиновое время, с	22,0 (19,6; 23,5)	15,0 (14,2; 18,3) $P_1 < 0,01$	16,4 (15,0; 18,7) $P_1 < 0,05; P_2 > 0,05$	20,8 (19,0; 23,3) $P_1 > 0,05; P_2 < 0,05; P_3 < 0,05$	21,2 (20,0; 24,4) $P_1 > 0,05; P_2 < 0,05; P_3 < 0,05; P_4 > 0,05$
Фибриноген, г/л	2,0 (1,68; 2,22)	3,7 (1,71; 3,75) $P_1 < 0,05$	3,2 (2,0; 3,5) $P_1 < 0,05; P_2 > 0,05$	2,9 (2,1; 3,3) $P_1 < 0,05; P_2 < 0,05; P_3 > 0,05$	2,4 (1,75; 2,5) $P_1 > 0,05; P_2 < 0,05; P_3 < 0,05; P_4 > 0,05$
Активность фактора XIII в плазме крови, %	50,0 (45,0; 70,0)	75,0 (60,0; 95,0) $P_1 < 0,01$	70,0 (57,0; 80,0) $P_1 < 0,01; P_2 > 0,05$	57,0 (44,0; 60,1) $P_1 < 0,05; P_2 < 0,05; P_3 < 0,05$	54,0 (45,2; 65,0) $P_1 > 0,05; P_2 < 0,05; P_3 < 0,01; P_4 < 0,05$

Примечание – АЧТВ – активированное частичное тромбопластиновое время (в каждом случае приведены средняя величина (медиана), нижний и верхний квартили (25, 75 %) из соответствующего числа измерений; статистически значимыми считали различия при $P < 0,05$); P_1 – по сравнению с группой интактных животных; P_2 – по сравнению с группой животных, подвергнутых иммобилизационному стрессу; P_3 – по сравнению с группой животных, подвергнутых 5-минутному облучению на фоне стресса; P_4 – по сравнению с группой животных, подвергнутых 15-минутному облучению на фоне стресса

го изменения нарушенных показателей гемостаза и фибринолиза, что подтверждается отсутствием статистически достоверных различий в показателях, характеризующих коагуляционный каскад и фибринолиз, по сравнению с животными, находящимися в состоянии стресса. Однако имеется статистически достоверная разница в показателях коагуляционного звена системы гемостаза и фибринолитической активности крови по сравнению с интактными животными (табл. 1, 2).

Выявлено, что при воздействии на животных на фоне стресса электромагнитными волнами указанного диапазона в течение 15 мин наблюдалась частичная нормализация показателей, характеризующих коагуляционный каскад и фибринолиз. Полностью восстанавливались и статистически достоверно не отличались от показателей интактных животных активированное частичное тромбопластиновое время и тромбиновое время. Однако все остальные показатели гемостаза статистически достоверно отличались от данных интактных животных (табл. 1, 2).

Облучение животных терагерцовыми волнами на частоте 129,0 ГГц в течение 30 мин вызывало

полную нормализацию процессов гемокоагуляции и фибринолиза. Все изучаемые показатели коагуляционного звена системы гемостаза и фибринолиза статистически достоверно не отличались от данных интактных животных (табл. 1, 2).

Таким образом, на основании представленных данных можно сделать вывод о положительном влиянии терагерцового излучения на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц на коагуляционные свойства крови и процессы фибринолиза у животных, находящихся в состоянии иммобилизационного стресса. Наиболее эффективным в восстановлении показателей гемокоагуляции и фибринолитической активности крови является 30-минутный режим облучения.

Обсуждение результатов

Нами показано, что проводимое параллельно с действием стрессорного агента облучение терагерцовыми волнами животных на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц предупреждает развитие стресс-зависимых изменений в системе гемостаза и

Таблица 2

Характер изменений антикоагулянтной и фибринолитической активности крови у белых крыс при экспериментальной стресс-реакции и различных временных режимах воздействия терагерцовым излучением на частоте атмосферного кислорода 129,0 ГГц

Показатели	Интактные животные ($n = 15$)	Стресс ($n = 15$)	Облучение на фоне стресса в течение		
			5 мин ($n = 15$)	15 мин ($n = 15$)	30 мин ($n = 15$)
Антитромбин III, с	30,0 (25,0; 36,0)	24,8 (21,0; 30,1) $P_1 < 0,05$	23,0 (20,0; 27,0) $P_1 < 0,05; P_2 > 0,05$	25,0 (23,0; 30,0) $P_1 < 0,05; P_2 > 0,05; P_3 < 0,05$	32,0 (27,0; 35,0) $P_1 > 0,05; P_2 < 0,05; P_3 < 0,05; P_4 < 0,05$
Активность протеина С, усл. ед.	0,87 (0,60; 1,0)	0,54 (0,30; 0,61) $P_1 < 0,05$	0,61 (0,55; 0,77) $P_1 < 0,05; P_2 > 0,05$	0,66 (0,60; 0,77) $P_1 < 0,05; P_2 < 0,01; P_3 > 0,05$	0,80 (0,77; 1,1) $P_1 > 0,05; P_2 < 0,05; P_3 < 0,05; P_4 < 0,05$
XIIIa – калликреин-зависимый фибринолиз, мин	14,0 (12,0; 16,1)	24,0 (19,0; 27,0) $P_1 < 0,01$	22,4 (20,0; 25,0) $P_1 < 0,05; P_2 > 0,05$	18,1 (15,0; 20,0) $P_1 < 0,05; P_2 < 0,01; P_3 < 0,05$	15,7 (13,0; 19,0) $P_1 > 0,05; P_2 < 0,05; P_3 < 0,05; P_4 < 0,05$
Индукцированный стрептокиназой эуглобулиновый фибринолиз, с	130,0 (110,0; 160,0)	180,0 (160,0; 200,0) $P_1 < 0,01$	171,0 (155,0; 190,0) $P_1 < 0,05; P_2 > 0,05$	150,0 (130,0; 170,0) $P_1 < 0,05; P_2 < 0,01; P_3 < 0,01$	138,5 (125,0; 150,0) $P_1 > 0,05; P_2 < 0,01; P_3 < 0,01; P_4 < 0,05$
Индекс резерва плазминогена, %	70,1 (61,5; 86,6)	50,5 (42,1; 60,0) $P_1 < 0,01$	46,3 (30,3; 50,5) $P_1 < 0,01; P_2 > 0,05$	62,3 (50,1; 70,6) $P_1 < 0,05; P_2 < 0,05; P_3 < 0,05$	66,1 (55,5; 80,5) $P_1 > 0,05; P_2 < 0,01; P_3 < 0,01; P_4 < 0,05$

Примечание – Те же, что и для табл. 1

фибринолиза, что свидетельствует о принципиальной возможности коррекции этих изменений данным видом облучения.

Одним из важных проявлений «неселективного» действия электромагнитного излучения терагерцовой частоты является непереносимое присутствие кислорода в среде, окружающей облучаемый объект [9]. Посредниками действия электромагнитного излучения ТГЧ-диапазона в клетках и биологических жидкостях являются активные формы кислорода, которые постоянно образуются ферментативно за счет изменения гидратации белковых молекул и повышения активности НАДФ-Н-оксидазы, циклооксигеназы, ксантинооксидазы, в результате чего их концентрация поддерживается на стационарном уровне [9], [10]. Активные формы кислорода, в свою очередь, за счет ионов кальция стимулируют растворимую гуанилатциклазу, приводя к накоплению цГМФ в клетках эндотелия сосудов и повышению активности NO-синтазы, что увеличивает продукцию оксида азота [11]. Это может быть одним из механизмов осуществления как антистрессорного, так и гипокоагуляционного эффектов ТГЧ-волн молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц, т. к. известно, что именно оксид азота регулирует функциональное состояние системы гемостаза, влияет на сосудистый тонус, модулирует освобождение вазоактивных биологических веществ, медиаторов, ингибирует адгезию лейкоцитов, Р-селектина, участвует в регуляции ремоделирования сосудистой стенки, ингибирует миграцию и пролиферацию гладкомышечных клеток, воздей-

ствует на фибринолитическую активность крови, регулируя высвобождение активатора плазминогена и ингибитора-1 активатора плазминогена, и облегчает растворение тромбоцитарных агрегатов [12].

Другой механизм восстановления нарушенного процесса свертывания крови и фибринолиза при стрессе терагерцовыми волнами на частоте атмосферного кислорода 129,0 ГГц может быть связан с нормализацией измененных при стрессе функциональных свойств тромбоцитов, запускающих каскадный механизм процесса свертывания крови, т. к. полноценная гемостатическая функция организма возможна только при единстве сосудистотромбоцитарного и коагуляционного механизмов гемостаза [2], [10].

Следует отметить также, что при воздействии электромагнитного излучения терагерцового диапазона на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения атмосферного кислорода 129,0 ГГц может происходить повышение реакционной способности молекул кислорода, при этом увеличивается кислородная емкость биологических жидкостей, улучшается доставка кислорода к органам и тканям, обеспечивается полноценное энергоснабжение и нормализуется работа транспортной АТФ-азы, восстанавливается должная возбудимость клетки и адекватность ее ответа на различные раздражители [9]. Электромагнитное излучение терагерцового диапазона на частоте атмосферного кислорода приравнивают к аэрированию облучаемого объекта, то есть, по сути, ликвидируется гипоксия, восстанавливаются аэробное дыхание и

адекватное энергообеспечение клетки, а значит, и ее физиологические функции [9].

Таким образом, исследования эффектов и механизмов действия электромагнитного излучения терагерцового диапазона на частоте атмосферного кислорода 129,0 ГГц весьма актуальны в связи с возможным успешным их применением в клинической практике.

Список литературы:

1. *Steptol A.* Stress and illness // *Psychologist.* 1993. № 6. P. 76-82.
2. *Киричук В.Ф.* Физиология крови. – Саратов.: Изд-во СГМУ, 2005.
3. *Усенко В.А.* Фармацевтический маркетинг, ценовая политика фармацевтических фирм // *Провизор.* 1999. № 21. С. 34-35.
4. *Бецкий О.В., Креницкий А.П.* Биофизические эффекты волн терагерцового диапазона и перспективы развития новых направлений в биомедицинской технологии – «Терагерцовая терапия» и «Терагерцовая диагностика» // *Биомедицинские технологии и радиоэлектроника.* 2003. № 12. С. 3-6.
5. *Бецкий О.В., Козьмин А.С., Яременко Ю.Г.* Возможности применения терагерцовых волн // *Биомедицинская радиоэлектроника.* 2008. № 3. С. 48-53.
6. *Креницкий А.П., Майбородин А.В., Бецкий О.В. и др.* Панорамно-спектрометрический комплекс для исследования тонких структур молекулярных спектров физических и биологических сред // *Биомедицинские технологии и радиоэлектроника.* 2001. № 8. С. 35-47.
7. *Киричук В.Ф., Антипова О.Н., Креницкий А.П. и др.* Способ профилактики и коррекции стрессорных повреждений организма / Патент РФ № 2284837 от 10 октября 2006 г.
8. *Сухова С.В.* Характер изменения агрегационной функции тромбоцитов под влиянием электромагнитного излучения терагерцового диапазона на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения кислорода 129,0 ГГц у животных при экспериментальном стрессе / Автореф. дис. канд. мед. наук. – Саратов, 2009. 21 с.
9. *Поцелуева М.М., Пустовидко А.В., Евтодченко Ю.В. и др.* Образование реактивных форм кислорода в водных растворах под действием электромагнитного излучения КВЧ-диапазона // *Доклады Академии наук.* 1998. № 3. С. 415-418.
10. *Киричук В.Ф., Сухова С.В., Антипова О.Н. и др.* Влияние ЭМИ ТГц на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения кислорода на функциональную активность тромбоцитов белых крыс в состоянии иммобилизационного стресса // *Биомедицинская радиоэлектроника.* 2008. № 12. С. 20-25.
11. *Волин М.С., Дэвидсон К.А., Камински П.М. и др.* Механизмы передачи сигнала оксидант-оксид азота в сосудистой системе // *Биохимия.* 1998. № 63. С. 958-965.
12. *Snyder D.* Biological roles of nitric oxide // *Sci. Am.* 1995. № 266. PP. 68-77.

*Вячеслав Федорович Киричук,
д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой,
Александр Александрович Цымбал,
канд. мед. наук, ассистент,
кафедра нормальной физиологии,
Саратовский государственный
медицинский университет (СГМУ),
г. Саратов,
e-mail: AA-Tsymbol@yandex.ru*

Б.А. Егоров, К.В. Подмастерьев, М.В. Яковенко

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ УДАРНОГО ОБЪЕМА СЕРДЦА ДЛЯ ЭЛЕКТРОФИЗИОАППАРАТУРЫ

Аннотация

Статья посвящена разработке устройства, предназначенного для контроля текущего состояния сердечно-сосудистой системы при одновременном электрофизиовоздействии на организм, а также использованию результата контроля в системах управления электрофизиотерапевтической аппаратурой: представлено описание реализуемого метода, его обоснование, предложена схема реализации.

Анализ проблемы, постановка задачи исследования

В настоящее время электрофизиотерапия широко применяется в медицинской практике для лечения и профилактики заболеваний. Преимущества электротерапии перед фармакотерапией заключаются в локальности воздействия при минимальных побочных воздействиях на смежные органы и ткани; в высокой скорости воздействия (эффект появляется непосредственно в процессе процедуры); в

отсутствии побочного воздействия на внутренние органы (лекарственные средства разлагаются в печени и выводятся почками); в низком уровне адаптации организма к физиотерапевтическому воздействию [1], [2].

Однако говорить о полной локальности воздействия и об отсутствии воздействия на организм в целом, а также отсутствии побочных эффектов от электрофизиотерапевтических процедур неправомерно хотя бы потому, что организм – это адаптирующаяся система, стремящаяся к