

**КЛЕТОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ С ПОЗИЦИИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И СИНТЕЗА
(обзор литературы)**

Д.В. ИВАНОВ, Д.О. АЛИЕВА

*Тульский государственный университет, медицинский институт,
пр-т Ленина, д. 92, Тула, 300028, Россия*

Аннотация. В обзоре приведены данные о темпах развития клеточных технологий в мире, о значимости математического моделирования при анализе физиологических и патологических процессов. Приведены сведения о воздействии на организм электромагнитного излучения крайневых частот, заключающиеся в позитивной динамике показателей перекисного окисления липидов, антиокислительной активности плазмы, активации антикоагулянтной системы. Определено влияние на экспериментальную гипоплазию костного мозга, возможность синергетического действия с фитомеланином, стволовыми клетками. Описано применение математического моделирования при анализе свободного радикального окисления и регуляции агрегатного состояния крови. Уточнены механизмы свертывания и противосвертывания крови. Определена значимость математического моделирования при анализе размножения стволовых клеток. Приведены сведения о значимости гармонических соотношений в живых системах (числа Фибоначчи, вурфы, золотое сечение).

Ключевые слова: стволовые клетки, фитомеланин, электромагнитные поля крайневых частот, свободнорадикальное окисление, регуляция агрегатного состояния крови, гармонические соотношения.

**CELL TECHNOLOGIES FROM THE POINT OF SYSTEM ANALYSIS AND SYNTHESIS
(literature report)**

D.V. IVANOV, D.O. ALIEVA

Tula State University, Medical Institute, Lenin av., 92, Tula, 300028, Russia

Abstract. The review presents data on the rate of development of cell technology in the world, on the importance of mathematical modeling in the analysis of physiological and pathological processes, as well as data on the impact of electromagnetic radiation of extremely high frequency to the body, consisting of the positive dynamics of indices of lipid peroxidation, antioxidant plasma activity, activation of anticoagulant systems. It was revealed the influence of an experimental bone marrow hypoplasia, the possibility of synergistic action with phytomelanin, stem cells. There is the description of the application of mathematical modeling in the analysis of free radical oxidation in the regulation of blood aggregation and the mechanisms of coagulation and anticoagulation of blood. It was determined the importance of mathematical modeling in the analysis of propagation of stem cells. The review presents the information about the importance of harmonious relations in living systems (Fibonacci numbers, Wurf, the golden ratio).

Key words: stem cells, phytomelanin, electromagnetic fields of extremely high frequency, free radical oxidation, regulation of blood aggregation, harmonic ratio.

Клеточные технологии (КТ) бурно развиваются в мире и в России. После получения Нобелевской премии по физиологии и медицине за 2012 г. Джоном Б. Гордоном из Великобритании и Синъей Яманакой из Японии, разработавших методику перепрограммирования фибробластов в недифференцированные индуцированно-полипотентные *стволовые клетки* (СК), – был получен новый импульс в развитии КТ [8-10].

Математическое моделирование как нормальных физиологических, так и патологических процессов является в настоящее время одним из актуальных направлений в медицинских научных исследованиях. При этом особую значимость методы математического моделирования приобретают в исследованиях влияния *электромагнитных полей* (ЭМИ) и излучений на клетки [25, 28-30, 32].

В отечественной и зарубежной литературе описывается действие на организм ЭМИ *крайне высоких частот* (КВЧ), позволяет сделать вывод о том, что ЭМИ КВЧ обладает мощным модулирующим эффектом как на саногенные реакции, так и на возникновение и развитие патологии в различных органах и системах. Исследования по влиянию ЭМИ КВЧ на функциональные системы организма показывают, что при воздействии ЭМИ КВЧ на здоровый организм происходит усиление активности коагулянтов и оксидантов и снижение активности антикоагулянтов и антиоксидантов, что приводит к развитию гипер-

коагуляции и интенсификации *перекисного окисления липидов* (ПОЛ). Воздействие ЭМИ КВЧ на пациентов со стенокардией ведет к усилению активности антикоагулянтов, что приводит к снижению уровня свертываемости крови, а в работах Чуян Е.Н. и соавт. (2006-2008 гг.) указывается на увеличение активности антиоксидантной системы организма [3, 33, 34].

Сочетанное воздействие двух модулирующих факторов – СК и ЭМИ КВЧ – в настоящее время является малоизученным. Описана теоретическая возможность управления дифференцировкой СК воздействием ЭМИ КВЧ, приводятся результаты исследований, согласно которым ЭМИ КВЧ может оказывать модулирующее воздействие на пролиферацию СК нативного и криоконсервированного костного мозга.

Описаны результаты экспериментальных исследований, посвященных влиянию внешних разностотных, в частности, КВЧ-воздействий на биологические объекты с гипоплазией костного мозга, возможностей их модуляции *фитомеланином* и СК. Выявлены при помощи математического аппарата закономерности эффектов, обусловленных влиянием СК, *фитомеланина* и КВЧ-излучения на течение экспериментальной гипоплазии красного костного мозга [1].

СК обладают отличительными от других клеток свойствами, а именно: они недифференцированные, незрелые, способны к пролиферации, самообновлению, превращению в дифференцированные клетки и регенерирующие ткани и, особенно важно, что при делении они всегда дают себе подобную клетку. Имеются два основных вида клеток: *эмбриональные* и *неэмбриональные*, к которым относятся, например фетальные клетки. *Эмбриональные* СК (ЭСК) являются плюрипотентными, потому что они могут дифференцироваться во все типы клеток. В отличие от них – *неэмбриональные* СК являются мультипотентными, так как их потенциал дифференцироваться в различные типы клеток ограничен. Также различие между ними – в превалировании и большем потенциале к спонтанной дифференцировке у *эмбриональных*, чем у *неэмбриональных* клеток [31].

В последние десятилетия активно разрабатывается возможность применения в клинической медицине КТ, на которые возлагаются большие оптимистические надежды в лечении заболеваний считавшихся ранее не излечимыми. Взлёт научного интереса к данной теме стал возможен после получения ЭСК в 1998 году (*Thomson J.A. et al., 1998*).

Изолированное и сочетанное воздействие в разных комбинациях СК, ЭМИ КВЧ и *фитомеланина* на организм с экспериментальной гипоплазией *красного костного мозга* (ККМ) обладает модулирующим эффектом на усиление активности антиоксидантов и антикоагулянтов, а также на ослабление активности оксидантов и коагулянтов.

Изолированное воздействие СК, ЭМИ КВЧ и *фитомеланина* на организм с экспериментальной гипоплазией ККМ обладает слабым модулирующим эффектом на восстановление активности *свободно-радикального окисления* (СРО) и системы *регуляции агрегатного состояния крови* (РАСК). Базовые лабораторные показатели в случае данных вариантов воздействия далеки от нормальных значений. Слабый модулирующий эффект исследуемых факторов коррелирует с усилением или отсутствием их влияния на зависимость между лабораторными показателями и созданием более равновесной системы. Поэтому, данные факторы не могут быть применены в качестве самостоятельных методов коррекции нарушений показателей СРО и системы РАСК в организме, особенно, подверженном введению цитостатиков [2].

Сочетанное воздействие СК и ЭМИ КВЧ, СК и *фитомеланина*, а также сочетанное воздействие СК, ЭМИ КВЧ и *фитомеланина* на организм с экспериментальной гипоплазией ККМ обладает сильным модулирующим эффектом на активность СРО и системы РАСК. Базовые лабораторные показатели в случае данных вариантов воздействия практически достигают нормальных значений. Сильный модулирующий эффект исследуемых факторов коррелирует с ослаблением их влияния на зависимость между лабораторными показателями и созданием неравновесной системы. Таким образом, данные факторы могут быть применены в качестве самостоятельных методов коррекции нарушений показателей СРО и системы РАСК в организме, подверженном введению цитостатиков.

Экспериментальная гипоплазия ККМ, моделируемая путем введения цитостатиков, представляет собой неравновесную систему вследствие продолжающейся гибели клеток.

Изолированное воздействие СК, ЭМИ КВЧ и *фитомеланина*, а также сочетанное воздействие ЭМИ КВЧ и *фитомеланина* на организм с экспериментальной гипоплазией ККМ приводит к значительному уменьшению или к остановке процессов гибели клеток, в то же время уровень пролиферации и дифференцировки клеток по-прежнему невелик, поэтому такая система находится в состоянии равновесия. *Сочетанное* воздействие СК и ЭМИ КВЧ, СК и *фитомеланина*, а также сочетанное воздействие СК, ЭМИ КВЧ и *фитомеланина* на организм с экспериментальной гипоплазией ККМ характеризуется активной пролиферацией и дифференцировкой клеток, поэтому такая система находится в неравновесном состоянии.

Механизм восстановления уровня СРО и системы РАСК посредством первичного восстановления клеточного субстрата является наиболее эффективным, другие механизмы (прямое воздействие на активность антиоксидантов и антикоагулянтов) могут рассматриваться лишь как вспомогательные [22].

Разработка методов математического моделирования различных патологических процессов, состояний и заболеваний ведется очень активно, что отражено во множестве публикаций. Методы математического моделирования широко применяются в описании процессов СРО и РАСК. Общей целью данных исследований было выявление и анализ механизмов регуляции свертывания крови при помощи математических моделей.

Предложены оригинальные математические модели свертывания крови, количественно описывающие процесс свертывания, как в гомогенной, так и в пространственной экспериментальных постановках. В качестве объекта моделирования были выбраны две экспериментальные модели гемостаза. Первой моделью был тест генерации тромбина, в котором свертывание в плазме или в цельной крови активируется *тканевым фактором* (ТФ) и регистрируется изменение активности тромбина со временем. Второй моделируемой системой была разработанная в лаборатории физической биохимии ГНЦ РАМН методика по исследованию пространственного формирования фибринового сгустка в тонком, не перемешиваемом слое рекальцифицированной плазмы при активации свертывания монослоем клеток, экспрессирующих ТФ. Практическое применение разработанной модели заключалась в том, что с ее помощью автором был проведен анализ чувствительности и информативности теста генерации тромбина, показано различие механизмов работы внутреннего и внешнего путей в фазе распространения свертывания. Установлено, что активированный фактор X производится внутренней теназой, тогда как фактор IX активируется по внешнему пути и распространяется в пространстве путем диффузии, оценен вклад ТФ-зависимого и ТФ-независимого механизмов действия препаратов в нормализацию генерации тромбина в плазме больных гемофилией и показано, что при физиологических условиях главным является вклад ТФ-независимого механизма. Представлено теоретическое обоснование терапевтической эффективности больших доз препаратов, был предсказан эффект локализации фибринового сгустка в присутствии тромбомодулина, подтвержденный экспериментом.

Было экспериментально показано, что фактор VIIIa связывает фактор X на фосфолипидных мембранах и регулирует его доставку к ферменту в реакции, катализируемой внутренней теназой, предложен механизм регуляции внешнего пути свертывания крови ингибитором пути тканевого фактора. Были разработаны алгоритмы анализа сложных сетей биохимических реакций, основанный на применении функционально-ориентированного анализа чувствительности в комбинации с анализом временной иерархии процессов в системе, построена детальная математическая модель свертывания крови, превосходящая существующие аналоги корректностью описания биохимии свертывания и успешно прошедшая тестирование сравнением с большим набором экспериментальных данных.

Построенные модели описывают процессы свертывания крови либо в точечной, либо в пространственной системе. В частности, вариант модели для свертывания в точечной системе представляет собой систему из 24 обыкновенных уравнений, выписанных на основании закона действующих масс. Переменными модели служат концентрации шести ферментов (факторы VIIa, IXa, Xa, IIa, XIa, активированный протеин C), шести зимогенов (факторы VII, IX, X, II, XI, протеин C), двух активных кофакторов (Va, VIIIa) и двух их предшественников (V, VIII). А также – двух стехиометрических ингибиторов (AT-III и *TFPI*), трех белков других классов (*TF*, фибрин, фибриноген) и трех комплексов (VIIa-*TF*, VII-*TF*, Xa-*TFPI*). Для некоторых видов расчетов в модель включались иные компоненты: тромбомодулин, комплексы и реакции с его участием; активация тромбоцитов. При построении модели сначала описывались отдельные реакции и простые системы из нескольких очищенных белков, вплоть до достижения согласия с экспериментом. Затем моделируемые системы постепенно усложнялись, постоянно сопоставляясь с экспериментом. Диапазон параметров модели ограничивался экспериментально измеренными значениями. В точечном случае математическая модель интегрировалась численно с использованием солвера *ode45* в *MATLAB*, версия *R2008a* (*The MathWorks, Natick, MA, USA*). Задача интегрирования системы уравнений в частных производных решалась вложенным методом Рунге-Кутты-Фельберга порядка 2(3). Численная схема реализована с помощью программы, написанной на *Watcom C/C++ 10.0*. [21].

С использованием математических моделей и экспериментальных данных выявлен механизм и динамика порогового поведения системы свертывания крови. Экспериментально показана новая роль фактора VIII в регуляции доставки субстрата к ферменту в комплексе внутренней теназы, впервые построена детальная модель мембранно-зависимой реакции, катализируемой комплексом внутренней теназы, выявлен механизм, с помощью которого внутренняя теназа регулирует пространственную динамику свертывания крови, теоретически предсказана и экспериментально обнаружена локализация пространственного роста тромба *in vitro*. С помощью математического моделирования выявлен новый режим регуляции внешнего пути ингибитором пути ТФ. Путем теоретических и экспериментальных исследований влияния препаратов на динамику свертывания крови пациентов с гемофилией A – *in vitro* установлены зависимости их эффективности от дозы, выявлены механизмы действия, предложены стратегии по оптимизации терапии, показано, что в системе свертывания крови могут быть идентифицированы шесть функциональных модулей и соответствующих им функций.

Работы [5, 24] посвящены математическому моделированию патогенетических взаимосвязей между показателями СРО и системы РАСК в случае воздействия на организм ЭМИ КВЧ без экранирования и с экранированием биологического объекта шунгитом с использованием системы дифференциальных уравнений. В данных исследованиях проводился корреляционный анализ между базовыми лабораторными показателями СРО и системы РАСК, составлялись уравнения множественной регрессии, после чего были построены поверхности регрессии и математические модели. В итоге были получены корреляционные зависимости, свидетельствующие о существовании патогенетической зависимости между высокой активностью коагулянтов и высокой активностью процессов ПОЛ. Методы математического моделирования позволили подтвердить эти зависимости [19].

Попытки применения математического моделирования использования КТ в биомедицине проводились в 80-х гг. XX века. Описываются математические модели восстановления клеток от радиационного поражения – модели восстановления клеток при остром облучении и метод уменьшения эффективной дозы, общая модель восстановления при произвольных условиях облучения, специальные случаи общей модели. Это – модель восстановления при фракционировании, модель восстановления при пролонгированном облучении, а также модель восстановления при облучении короткоживущим изотопом. Данные исследования показали, что восстановление в клетках можно рассматривать как специальный случай схемы массового обслуживания. Исходя из полученных математических моделей предложено описание восстановления лучевых повреждений в клетках, базирующееся на следующих положениях:

- восстановление осуществляется отдельными каналами (свойство дискретности);
 - каждый канал может восстанавливать только одно повреждение (ординарность);
 - все каналы фактически одинаковые и работают однотипно (однородность);
 - восстановление каждого повреждения происходит независимо от восстановления отдельных повреждений (независимость);
 - некоторые повреждения, возникнув, оказываются устойчивыми и восстановлению не поддаются.
- В работе каналов восстановления возможны случайные отказы (вероятностный характер функционирования канала);
- не восстановленные повреждения вместе с устойчивыми повреждениями образуют необратимый компонент радиационного поражения.

Математическому моделированию динамики селективного размножения клонообразующей популяции аномальных клеток в культуре СК человека посвящены работы М.С. Виноградовой [4]. Целью данных исследований было спрогнозировать динамику размножения в культуре аномальных злокачественных клеток, которые могут появляться *in vitro* в силу естественной изменчивости и обладать селективным преимуществом, что может привести к трансформации СК из нормального состояния в злокачественную форму. Рассматривалась культура клеток, в которой различают нормальные и аномальные (анеуплоидные) клетки. При разработке математической модели были приняты следующие допущения: клеточная популяционная система является изолированной и имеет значительную численность; влияние фактора плотности посева клеток не учитывается; параметры математической модели считаются постоянными. При посеве все клетки считаются нормальными. В процессе размножения нормальная клетка может погибнуть, может выжить и не разделиться, может выжить, разделиться и остаться нормальной, может выжить, разделиться и стать аномальной. При дальнейшем развитии популяции аномальные клетки могут погибнуть, могут выжить и не разделиться, и могут разделиться, оставаясь при этом аномальными. Методами численного моделирования была исследована динамика клеточных популяций, установлены значения параметров модели, при которых реализуются различные сценарии: экспоненциального роста числа нормальных клеток, стабилизации численности популяций, подавления популяции нормальных клеток аномальными и др. Проведено сравнение с экспериментом, показавшее адекватность модели. Построенная при данных исследованиях математическая модель позволяет рассчитать численность нормальных и аномальных клеток, находящихся в момент времени t в k -м состоянии митоза.

Имитационному моделированию кинетики популяций нормальных и облученных клеток посвящены работы Зорина А.В. и соавт. Предложенные в работе имитационные модели позволили осуществить воспроизведение и интерпретацию комплекса радиобиологических феноменов [7].

Было установлено, что кривая, отражающая увеличение выживаемости клеток с ростом срока их пребывания в покоящемся состоянии после однократного облучения достигает плато по завершении репарации потенциально летальных повреждений. Дальнейший рост этой кривой обусловлен селекцией клеток, которая является следствием репродуктивной и интерфазной гибели части клеточной популяции. Вклад механизма селекции важно учитывать и при интерпретации опытов, направленных на исследование изменений выживаемости клеток при фракционировании дозы облучения. Количественная оценка этого вклада может быть осуществлена на основе имитационной модели.

Осуществлены имитационные эксперименты, направленные на воспроизведение кривых выживаемости, кривых «доза-эффект». Изучена репарация потенциально летальных повреждений при облучении культуры клеток *LICH* в экспоненциальной и стационарной фазах роста. Установлено, что покоя-

щиеся клетки могут обладать одновременно как большей чувствительностью к радиационному воздействию, так и большей выраженностью пострадиационной репарации, чем активно пролиферирующие клетки.

В медико-биологических исследованиях показано, что в природе всюду проявляет себя «золотая пропорция» как характеристика соразмерности и гармоничности живых систем. «Золотое сечение», числа Фибоначчи и пентагональная симметрия являются бесспорным элементом роста живых существ. В публикациях указывается, что организм человека имеет множество подсистем, открытых и относительно замкнутых, подведение «порции» внешней энергии к которым может выборочно возбуждать ее определенные структуры. Этот основной принцип резонанса реализован природой в работе нашего организма – своеобразной нелинейной (фрактальной) конструкции, богатой «золотыми пропорциями» [11, 12, 14, 23, 26].

Гармонические отношения в системе крови были описаны во многих работах. Показано, что форменные элементы крови сбалансированы по объему в пропорции, близкой к «золотой». Было установлено, что объем циркулирующей крови и плазменный объем находятся в отношении 5:3, а плазменный объем относится к глобулярному объему как 3:2. Это же отношение получается для альбуминов и глобулинов. Все указанные отношения близки к числу Фибоначчи. Гармонический анализ эритрона был проведен В.Н. Кидаловым (1989, 1994). Нормальный зрелый эритроцит – это симметричный двояковогнутый диск, заполненный гемоглобином. Диаметр этого диска у млекопитающих группируется возле величин 3-5-8 мкм, то есть чисел Фибоначчи. Толщина диска в центральной вогнутой части может изменяться в пределах от 40 до 60% толщины тора. Диапазон этих колебаний близок к «золотой» пропорции. Гармонические размеры эритроцита также совпадают с числами Фибоначчи. Было рассмотрено более 40 конфигураций трансформированных эритроцитов и показано, что распределение эритроцитов по их конфигурациям в норме соответствует «золотой» пропорции. Установлено, что у человека и четырех видов лабораторных животных количество дискоцитов в крови близко к «золотому» числу 61,8 %, на остальные трансформированные эритроциты приходится 38,2% (второе «золотое» число). При этом процентное распределение трансформированных эритроцитов также соответствует ряду Фибоначчи. Кроме того, в приведенных выше работах был вычислен ряд вурфов, характеризующих гармонические отношения в системе крови. Их значения сравнивались с величиной «золотого» вурфа $W = \Phi^2/2 = 1,309$. В целом «сверхподвижная» кровь в течение всей жизни обеспечивает общую двигательную (локомоторную) активность организма, которая по данным А.Г. Субботы основана на «золотых» пропорциях двигательных актов. Замечено, например, что лишь при оптимальном кровоснабжении мышечное волокно имеет временное соотношение фазы расслабления и сокращения, близкое к «золотой» пропорции [15-17].

Большую роль играет принцип «золотого сечения» в физиологии состояния сердечнососудистой системы. Анализ электрокардиограммы показывает, что при частоте сердечных сокращений в 1 Гц продолжительность электрической систолы и диастолы с точностью до второго знака после запятой совпадает с «золотыми» числами 0,382 и 0,618. При анализе зависимости электрической систолы и диастолы между собой, а также их зависимости от «золотого сечения», был установлен общий закон связи электрической и механической систол у животных при различной частоте сердечных сокращений и параметров «золотого сечения». Выделены так называемые «зоны оптимума» (пределы отклонения исследуемых параметров от идеальных составляют 5-6%). В.Д. Цветков (1997) установил, что у человека и других млекопитающих имеется оптимальная («золотая») частота сердцебиения, при которой длительности систолы, диастолы и полного сердечного цикла соотносятся между собой в пропорции 0,382:0,618:1, то есть в полном соответствии с «золотой» пропорцией [13, 19].

Н.В. Дмитриевой (1989) была построена геометрическая модель ЭКГ здоровых и больных гипертонической болезнью людей, которая позволила проанализировать с позиций «золотого сечения» не только длительность интервалов, но и амплитуду зубцов ЭКГ. На основании данной модели можно сделать вывод, что у здоровых людей длительности систолы, диастолы и всего кардиоцикла относятся как 0,388:0,612:1, а продолжительности систолы предсердий, желудочков и общей систолы относятся как 0,4:0,6:1. Таким образом, в двух рассмотренных случаях была получена «золотая» пропорция, отклонение от которой составило не более 5% [6, 18].

Исследования посвящены проблеме использования правила «золотого сечения» в качестве способа интерпретации полученных результатов с медико-биологической точки зрения. Приложение правила «золотого сечения» к задачам обработки результатов в экспериментальной электромагнитобиологии, оказалось чрезвычайно эффективным. В публикациях приводятся результаты научных работ, целью которых являлось изучение соблюдения равновесного состояния в условиях развития необратимого патологического процесса при сочетанном воздействии ЭМИ КВЧ и нефротоксического антибиотика гентамицина. Данное исследование проводилось на четырех группах лабораторных животных. Крысам первой группы вводили внутримышечно гентамицин, а также подвергали их воздействию КВЧ-излучения. Крысы второй группы подвергались только воздействию ЭМИ КВЧ, а третьей – только введению гентамицина. Четвертая группа животных – контрольная. С использованием правила «золотого сечения» проводилось сравнение соотношения между площадью полости, площадью ядер и площадью нормальной ци-

топлазмы тканей почек крыс всех исследуемых групп. Исследование позволило установить, что к «золотому сечению» приближается большинство отношений между морфометрическими и функциональными показателями в контрольной группе и в группе крыс, подверженных сочетанному воздействию ЭМИ КВЧ и гентамицина. Из этого следует, что «золотое сечение» типично не только для показателей нормы, но и для показателей, отражающих формирование равновесного состояния в условиях сформировавшегося необратимого патологического процесса.

Закон «золотого сечения» соблюдается не только в условиях нормы, но и при формировании тяжелых патологических процессов. Данное явление связано с тем, что биологическая субстанция максимально стремится к состоянию равновесия в условиях сформировавшегося необратимого патологического процесса и характеризуется минимальной свободной энергией и, как следствие, высоким уровнем энтропии, соответственно такая равновесная, но патологическая система будет подчиняться правилу «золотого сечения», либо стремиться к нему. Напротив, в условиях развивающегося патологического процесса, сопровождающегося высокой активностью реакций компенсации, формируется неравновесная система с высоким уровнем свободной энергии и относительно низкой энтропией по сравнению как со стабильной системой в условиях нормы, так и с системой, подверженной необратимым патологическим изменениям [26].

В публикациях приводятся данные сравнения биохимических и иммунологических показателей крови в норме и при патологии печени в контрольной группе и в пяти группах больных (с хроническим активным гепатитом вирусной этиологии, с хроническим персистирующим гепатитом вирусной этиологии, с циррозом печени вирусной этиологии, с желчнокаменной болезнью и микросфероцитарной гемолитической анемией, и с алкогольными поражениями печени в форме хронического персистирующего гепатита, жировой дистрофии). Вначале у всех исследуемых пациентов сравнивались основные биохимические показатели, отражающие развитие гепатоцеллюлярной недостаточности: общий белок, альбумины, глобулины. Также рассматривались показатели, характеризующие уровень иммуноглобулинов в сыворотке крови. Анализ соотношения данных показателей позволил сделать вывод о том, что правило «золотого сечения» соблюдается только в контрольной группе, следовательно, правило «золотого сечения» в данном случае связано с идеальной нормой в организме, всякие же отклонения от этой нормы приводят к нарушению этого правила. Вычислялась относительная информационная энтропия для маркеров воспалительного синдрома, а также синдромов холестаза и цитолиза. Значения, полученные в контрольной группе, сравнивались с соответствующими значениями, вычисленными для пяти указанных выше групп пациентов с заболеваниями печени, при этом учитывалось соответствие значения относительной энтропии не только «золотому сечению», но и «обобщенным золотым сечениям». Анализ относительной энтропии, полученной для маркеров воспалительного синдрома, а также для синдромов холестаза и цитолиза позволил подтвердить полученный в предыдущих исследованиях вывод о стремлении биологической субстанции к состоянию равновесия не только в норме, но и в условиях сформировавшегося необратимого патологического процесса. Анализ литогенных свойств желчи и исследование *вурфов*, характеризующих кристаллы и собственно структуру желчных камней, для тех же пяти групп пациентов – показал, что правилом «золотого сечения» можно адекватно описать зависимости между литогенными свойствами желчи и тяжестью морфологических изменений в печени. Было установлено, что «золотая» пропорция имеет место как при анализе состава желчи в норме, так и при анализе характеристик литогенных свойств желчи.

Методы математической биологии и биоинформатики широко применяются в медицине, однако сведения о применении этих методов для исследования процессов СРО и системы РАСК в организме с гипоплазией ККМ, вызванной введением цитостатиков, отсутствуют. Предпринято подробное изучение процессов СРО и системы РАСК в условиях введения в организм фторурацила. Изучены результаты воздействия модулирующих факторов – СК, *фитомеланина* и ЭМИ КВЧ, путем сравнения силы биологических эффектов данных факторов, корреляционного и регрессионного анализа между базовыми лабораторными показателями. Осуществлено построение и решение дифференциальных уравнений, исследовалось распространение законов «золотого сечения» и «золотого вурфа» при анализе показателей [27].

Литература

1. Алиева Д.О., Иванов Д.В., Морозов В.Н., Савин Е.И., Субботина Т.И., Хадарцев А.А., Яшин А.А. Сравнительный анализ модулирующих эффектов при воздействии на организм ЭМИ КВЧ в сочетании с введением стволовых клеток и фитомеланина // Вестник новых медицинских технологий. 2011. № 1. С. 194–197.
2. Алиева Д.О., Иванов Д.В., Морозов В.Н., Савин Е.И., Субботина Т.И., Хадарцев А.А., Яшин А.А. Влияние ЭМИ КВЧ и стволовых клеток на регуляцию свободно-радикальных процессов в условиях экспериментальной гипоплазии красного костного мозга // Вестник новых медицинских технологий. 2011. № 1. С. 193–194.

3. Взаимосвязь перекисного окисления липидов с нарушением коагуляционного гемостаза при взаимодействии электромагнитного излучения миллиметрового диапазона / Хасая Д.А. [и др.] // Сборник трудов 2 Международного экологического конгресса (4 Международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность». Тольятти. 2009. Т.4. С. 160–163.

4. Виноградова М.С. Математическая модель клеточной популяции. URL: <http://www.mce.su/ru/presentations/h98127/> (дата обращения 15.08.2011).

5. Еськов В.М., Морозов В.Н., Несмеянов А.А., Яшин А.А., Дедов В.И., Субботина Т.И., Камнев Л.И., Чернецова Л.В., Куротченко Л.В., Хасая Д.А., Куротченко С.П., Савин Е.И. Диверсификация результатов научных открытий в медицине и биологии. Тула – Белгород, 2012. Том 4.

6. Зилов В.Г., Фудин Н.А., Хадарцев А.А., Яшин А.А., Веневцева Ю.Л., Мельников А.Х., Купеев В.Г., Кидалов В.Н., Борисова О.Н., Наумова Э.М., Горячева А.А., Митрофанов И.В., Хижняк Л.Н., Валентинов Б.Г., Самсонова Г.О., Вольф В.В., Грачев Р.В., Хижняк Е.П. Теория и практика восстановительной медицины. Т. 7. Специальные разделы восстановительной медицины: Монография / Под ред. Хадарцева А.А. Тула: ООО РИФ «ИНФРА» – Москва, 2007. 224 с.

7. Зорин А.В. Имитационное моделирование кинетики популяций нормальных и облученных клеток: дис.к. физ.-мат. наук. Л., 1983. 160 с.

8. Иванов Д.В., Хадарцев А.А. Влияние клеточных технологий на физическое и психическое здоровье высококвалифицированных спортсменов // Вестник новых медицинских технологий. 2009. № 2. С. 179.

9. Иванов Д.В., Хадарцев А.А. Клеточные технологии и синергетика // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2009. Том 8, № 3. С. 751–754.

10. Иванов Д.В., Хадарцев А.А., Хадарцев В.А., Седова О.А., Митюшкина О.А. Клиническое использование стволовых клеток (Обзор публикаций) // Вестник новых медицинских технологий. 2009. №4. С. 31–33.

11. Иванов В.Б., Исаева Н.М., Савин Е.И., Субботина Т.И., Яшин А.А., Хасая Д.А. Сравнение биохимических и иммунологических показателей крови в норме и при патологии печени с позиций «золотого сечения» // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010. № 1. С. 54–55.

12. Иванов В.Б., Исаева Н.М., Савин Е.И., Субботина Т.И., Яшин А.А., Хасая Д.А. Исследование активности регуляции агрегатного состояния крови при воздействии на организм электромагнитного излучения с позиций «золотого сечения» // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т.18, № 4. С. 30–32.

13. Код Фибоначчи и «Золотое сечение» в экспериментальной патофизиологии и экспериментальной магнитофизиологии / Исаева Н.М. [и др.], под ред. Субботиной Т.И., Яшина А.А. М., Тула, Тверь: ООО изд-во Триада, 2007. 136 с.

14. Кидалов В.Н., Хадарцев А.А., Куликова Л.Н., Молочко Л.Н., Игнатъев В.В., Якушина Г.Н., Каретников А.В. Гармония ритмов, динамика и фрактальность крови, как проявления саногенеза: Монография / Под ред. А.А. Хадарцева. Тула: ООО РИФ «ИНФРА» – Санкт-Петербург, 2006. 172 с.

15. Кидалов В.Н., Хадарцев А.А., Якушина Г.Н., Яшин А.А. Фрактальность и вурфы крови в оценках реакции организма на экстремальные воздействия // Вестник новых медицинских технологий. 2004. № 3. С. 20–23.

16. Кидалов В.Н., Хадарцев А.А., Четкин А.В., Сясин Н.И., Игнатъев В.В. Паттерны золотой пропорции крови в природной метрологии // Вестник новых медицинских технологий. 2007. № 3. С. 194–199.

17. Кидалов В.Н., Хадарцев А.А., Четкин А.В., Куликов В.Е., Сясин Н.И. Фибоначчиев паттерн в морфологии живых и переживающих тромбоцитов тромбоконцентратов // Вестник новых медицинских технологий. 2008. № 2. С. 233–236.

18. Куротченко Л.В., Савин Е.И., Субботина Т.И. Соблюдение равновесного состояния в условиях формирования необратимого патологического процесса // Циклы природы и общества: материалы 16 Международной научной конференции. Ставрополь: изд-во Ставропольского института имени Чурсина В.Д. 2008. С. 164–166.

19. Лушнов М.С., Кидалов В.Н., Хадарцев А.А., Еськов В.М. Влияние ритмов геокосмоса на функциональное состояние организма и систему крови: Монография / Под ред. А.А. Хадарцева. Санкт-Петербург – Тула: ООО РИФ «ИНФРА», 2007. 188 с.

20. Математическое моделирование воздействия электромагнитных полей миллиметрового диапазона на систему регуляции агрегатного состояния крови и на процессы свободно-радикального окисления без экранирования шунгитом и при использовании шунгитного экрана / Хасая Д.А. [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции «Здоровье в 21 веке–2010», Тула, 2010. С. 184–185.

21. Пантелеев М.А. Механизмы регуляции свертывания крови: автореф. дис. д. физ.-мат. наук. Пушино, 2010. 23 с.
22. Савин Е.И., Хадарцев А.А., Иванов Д.В., Субботина Т.И., Морозов В.Н. Регуляция свободнорадикальных процессов модулирующим воздействием электромагнитного излучения в сочетании с введением стволовых клеток // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010. №5. С. 77–79.
23. Савин Е.И., Хасая Д.А. Анализ показателей, отражающих активность системы коагулянтов при воздействии на организм электромагнитного излучения с позиций «золотого сечения» // Бюллетень северного государственного медицинского университета. 2010. № 1 (24). С. 156–157
24. Соблюдение гармоничного состояния в биологических системах при модулирующем воздействии вращающихся и импульсных бегущих магнитных полей / Исаева Н.М. [и др.] // Успехи современного естествознания. 2010. №3. С. 126–127.
25. Субботина Т.И., Хасая Д.А. Модулирующее воздействие электромагнитных полей на систему регуляции агрегатного состояния крови у крыс линии vistar (экспериментальное исследование) // Биотехносфера. 2009. № 2. С. 37–40.
26. Субботина Т.И., Исаева Н.М., Куротченко С.П., Савин Е.И., Яшин А.А. «Золотое сечение» как критерий тяжести патоморфологических изменений при воздействии на организм вращающихся и импульсных бегущих магнитных полей // Вестник новых медицинских технологий. 2009. №3. С. 38–39.
27. Хадарцев А.А., Субботина Т.И., Иванов Д.В., Гонтарев С.Н., Яшин А.А., Луценко В.Д., Татьяненко Т.Н., Семикопенко А.В., Савин Е.И., Митюшкина О.А. Медико-биологические аспекты клеточных технологий: Монография / Под ред. Хадарцева А.А. Тула: Изд-во ТулГУ – Белгород: ЗАО «Белгородская областная типография», 2013. 288 с.
28. Хадарцев А.А., Якушина Г.Н., Кидалов В.Н. Исследование терапевтической чувствительности организма человека в условиях воздействия низкоинтенсивного КВЧ-облучения В сб. «Обзор научно-исследовательских работ, выполненных при финансовой поддержке администрации Тульской области». Тула, 2002.
29. Хадарцев А.А., Якушина Г.Н. Кидалов В.Н., Борисова О.Н. Эффекты воздействия электромагнитного излучения миллиметрового диапазона // Владикавказский медико-биологический вестник. 2002. Т. 2. Вып. 3, 4. С. 51–56.
30. Хадарцев А.А., Якушина Г.Н., Кидалов В.Н., Борисова О.Н. Гематологические критерии воздействия электромагнитного излучения миллиметрового диапазона // В сб. «Медицинские аспекты квалитологии». Львов, 2003. С. 138–142.
31. Хадарцев А.А., Иванов Д.В. Клеточные технологии в восстановительной медицине: Монография / Под ред. А.Н. Лищука.– Тула: Тульский полиграфист, 2011. 180 с.
32. Хасая Д.А. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на свободно-радикальные процессы крови у крыс линии вистар при экранировании шунгитом (экспериментальное исследование) // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т. 16, № 4. с. 223–224.
33. Чуян Е.Н., Бирюкова Е.А., Раваева М.Ю. Изменение показателей функционального состояния человека под воздействием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ // Физика живого. 2008. Т.16, №1. С. 91–98.
34. Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р. Механизмы антиоцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучение: монография. Симферополь: ДИАЙПИ, 2006. 458 с.

References

1. Alieva DO, Ivanov DV, Morozov VN, Savin EI, Subbotina TI, Khadartsev AA, Yashin AA. Sravnitel'nyy analiz moduliruyushchikh effektov pri vozdeystvii na organizm EMI KVCh v sochetanii s vvedeniem stvolovykh kletok i fitomelanina [Comparative analysis of the effects of modulating the body when exposed to EMR EHF in conjunction with the administration of stem cells and fitomelanina]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;1:194-7. Russian.
2. Alieva DO, Ivanov DV, Morozov VN, Savin EI, Subbotina TI, Khadartsev AA, Yashin AA. Vliyanie EMI KVCh i stvolovykh kletok na regulyatsiyu svobodno-radikal'nykh protsessov v usloviyakh eksperimental'noy gipoplazii krasnogo kostnogo mozga [Influence of EHF electromagnetic radiation and stem cells in the regulation of free-radical processes in experimental hypoplasia of the bone marrow]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;1:193-4. Russian.
3. Khasaya DA, et al. Vzaimosvyaz' perekisnogo okisleniya lipidov s narusheniem koagulyatsionnogo gemostaza pri vzaimodeystvii elektromagnitnogo izlucheniya millimetrovogo diapazona [The relationship of lipid peroxidation in violation of coagulation hemostasis in the interaction of electromagnetic radiation of millimeter range]. Sbornik trudov 2 Mezhdunarodnogo ekologicheskogo kongressa (4 Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii) «Ekologiya i bezopasnost'». Tol'yatti. 2009;4:160-3. Russian.

4. Vinogradova MS. Matematicheskaya model' kletchnoy populyatsii [A mathematical model of the cell population]. Russian. Available from: <http://www.mce.su/ru/presentations/h98127/> [cited 2011 Aug 15].
5. Es'kov VM, Morozov VN, Nesmeyanov AA, Yashin AA, Dedov VI, Subbotina TI, Kamenev LI, Chernetsova LV, Kurotchenko LV, Khasaya DA, Kurotchenko SP, Savin EI. Diversifikatsiya rezul'tatov nauchnykh otkrytiy v meditsine i biologii [Diversification of the results of scientific discoveries in medicine and biology]. Tula – Belgorod; 2012. Russian.
6. Zilov VG, Fudin NA, Khadartsev AA, Yashin AA, Venevtseva YL, Mel'nikov AK, Kupeev VG, Kidalov VN, Borisova ON, Naumova EM, Goryacheva AA, Mitrofanov IV, Khizhnyak LN, Valentinov BG, Samsonova GO, Vol'f VV, Grachev RV, Khizhnyak EP. Teoriya i praktika vosstanovitel'noy meditsiny. T. 7. Spetsial'nye razdely vosstanovitel'noy meditsiny: Monografiya [Theory and practice of regenerative medicine.]. Pod red. Khadartseva AA. Tula: OOO RIF «INFRA» – Moscow; 2007. Russian.
7. Zorin AV. Imitatsionnoe modelirovanie kinetiki populyatsiy normal'nykh i obluchennykh kletok [Simulation modeling of the kinetics of populations of normal and irradiated cells] [dissertation]. Leningrad (Leningrad region); 1983. Russian.
8. Ivanov DV, Khadartsev AA. Vliyanie kletochnykh tekhnologiy na fizicheskoe i psikhicheskoe zdorov'e vysokokvalifitsirovannykh sportsmenov [Effect of cellular technology to physical and mental health of elite athletes]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2009;2:179. Russian.
9. Ivanov DV, Khadartsev AA. Kletochnye tekhnologii i sinergetika [Cell technologies and synergy]. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2009;8(3):751-4. Russian.
10. Ivanov DV, Khadartsev AA, Khadartsev VA, Sedova OA, Mityushkina OA. Klinicheskoe ispol'zovanie stvolovykh kletok (Obzor publikatsiy) [The clinical use of stem cells (Book Review)]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2009;4:31-3. Russian.
11. Ivanov VB, Isaeva NM, Savin EI, Subbotina TI, Yashin AA, Khasaya DA. Sravnenie biokhicheskikh i immunologicheskikh pokazateley krovi v norme i pri patologii pecheni s pozitsiy «zolotogo secheniya» [Comparison of biochemical and immunological blood parameters in normal and pathological conditions of the liver from the standpoint of "golden section"]. Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2010;1:54-5. Russian.
12. Ivanov VB, Isaeva NM, Savin EI, Subbotina TI, Yashin AA, Khasaya DA. Issledovanie aktivnosti regulyatsii agregatnogo sostoyaniya krovi pri vozdeystvii na organizm elektromagnitnogo izlucheniya s pozitsiy «zolotogo secheniya» [The research activity of regulating blood aggregation state when exposed to electromagnetic radiation of the body from the point of "golden section"]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(4):30-2. Russian.
13. Isaeva NM, et al. Kod Fibbonachi i «Zolotoe sechenie» v eksperimental'noy patofizilogii i eksperimental'noy magnitofizilogii [Fibonacci code and the "Golden Section" in Experimental Pathophysiology and Experimental magnitofizilogii]. Pod red. Subbotinoy TI, Yashina AA. Moscow–Tula–Tver': OOO izd-vo Triada; 2007. Russian.
14. Kidalov VN, Khadartsev AA, Kulikova LN, Molochko LN, Ignat'ev VV, Yakushina GN, Karetnikov AV. Garmoniya ritmov, dinamika i fraktal'nost' krovi, kak proyavleniya sanogeneza: Monografiya [Harmony rhythms, dynamics and fractal blood, as a manifestation of sanogenesis: Monograph]. Pod red. Khadartseva AA. Tula: OOO RIF «INFRA» – Sankt-Peterburg; 2006. Russian.
15. Kidalov VN, Khadartsev AA, Yakushina GN, Yashin AA. Fraktal'nost' i vurfy krovi v otsenkakh reaktsii organizma na ekstremal'nye vozdeystviya [Fractal and blood wurf in estimates organism's reaction to extreme exposure]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2004;3:20-3. Russian.
16. Kidalov VN, Khadartsev AA, Chechetkin AV, Syasin NI, Ignat'ev VV. Patterny zolotoy proporsitsii krovi v prirodnoy metrologii [Patterns golden proportion of blood in a natural metrology]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2007;3:194-9. Russian.
17. Kidalov VN, Khadartsev AA, Chechetkin AV, Kulikov VE, Syasin NI. Fibonachchiev pattern v morfologii zhivykh i perezhyvayushchikh trombotsitov trombokontsentratorov [Fibonacci pattern in the morphology of living and experiencing platelet platelet]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;2:233-6. Russian.
18. Kurotchenko LV, Savin EI, Subbotina TI. Soblyudenie ravnovesnogo sostoyaniya v usloviyakh formirovaniya neobratimogo patologicheskogo protsessa [Observance of the equilibrium state in the formation of a reversible pathological process]. Tsikly prirody i obshchestva: materialy 16 Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Stavropol': izd-vo Stavropol'skogo instituta imeni Chursina VD. 2008:164-6. Russian.
19. Lushnov MS, Kidalov VN, Khadartsev AA, Es'kov VM. Vliyanie ritmov geokosmosa na funktsional'noe sostoyanie organizma i sistemu krovi: Monografiya [Influence Geospace rhythms on the functional condition of the body and blood system: Monograph]. Pod red. Khadartseva AA. Sankt-Peterburg – Tula: OOO RIF «INFRA»; 2007. Russian.
20. Khasaya DA, et al. Matematicheskoe modelirovanie vozdeystviya elektromagnitnykh poley millimetrovogo diapazona na sistemu regulyatsii agregatnogo sostoyaniya krovi i na protsessy svobodno-radikal'nogo okisleniya bez ekranirovaniya shungitom i pri ispol'zovanii shungitnogo ekrana [Mathematical modeling of

electromagnetic fields in the millimeter-wave system of regulation of blood aggregation and the processes of free radical oxidation and without shielding shungite using shungitnoy screen]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Zdorov'e v 21 veke–2010»*, Tula; 2010. Russian.

21. Panteleev MA. *Mekhanizmy regulyatsii svertyvaniya krovi [Mechanisms of regulation of blood coagulation] [dissertation]*. Pushchino (Pushchino region); 2010. Russian.

22. Savin EI, Khadartsev AA, Ivanov DV, Subbotina TI, Morozov VN. *Regulyatsiya svobodnoradikal'nykh protsessov moduliruyushchim vozdeystviem elektromagnitnogo izlucheniya v sochetanii s vvedeniem stvolovykh kletok [Regulation of its processes bodnoradikalnyh-modulating influence of electromagnetic radiation in combination with the administration of stem cells]*. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2010;5:77-9. Russian.

23. Savin EI, Khasaya DA. *Analiz pokazateley, otrazhayushchikh aktivnost' sistemy koagulyantov pri vozdeystvii na organizm elektromagnitnogo izlucheniya s pozitsiy «zolotoy secheniya» [Analysis of indicators that reflect the coagulant activity of the system when exposed to electromagnetic radiation of the body from the point of "golden section"]*. *Byulleten' severnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2010;1(24):156-7. Russian.

24. Isaeva NM, et al. *Soblyudeniye garmonichnogo sostoyaniya v biologicheskikh sistemakh pri moduliruyushchem vozdeystvii vrashchayushchikhsya i impul'snykh begushchikh magnitnykh poley [Compliance with the harmonious state in biological systems with modulating effects of rotating and running pulsed magnetic fields]*. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2010;3:126-7. Russian.

25. Subbotina TI, Khasaya DA. *Moduliruyushchee vozdeystvie elektromagnitnykh poley na sistemu regulyatsii agregatnogo sostoyaniya krovi u krysv linii vistar (eksperimental'noye issledovanie) [The modulating effect of electromagnetic fields on the system of regulation of blood aggregation in vistar rats (experimental study)]*. *Biotekhnosfera*. 2009;2:37-40. Russian.

26. Subbotina TI, Isaeva NM, Kurotchenko SP, Savin EI, Yashin AA. *«Zolotoe sechenie» kak kriteriy tyazhesti patomorfologicheskikh izmeneniy pri vozdeystvii na organizm vrashchayushchikhsya i impul'snykh begushchikh magnitnykh poley [“The golden section” as a criterion of the severity of pathological changes when exposed to the body rotating and impulse streaming magnetic fields]*. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2009;3:38-9. Russian.

27. Khadartsev AA, Subbotina TI, Ivanov DV, Gontarev SN, Yashin AA, Lutsenko VD, Tat'yanenko TN, Semikopenko AV, Savin EI, Mityushkina OA. *Mediko-biologicheskie aspekty kletochnykh tekhnologiy: Monografiya [Medical and biological aspects of cellular technologies: Monograph]*. Pod red. Khadartseva AA. Tula: Izd-vo TulGU – Belgorod: ZAO «Belgorodskaya oblastnaya tipografiya»; 2013. Russian.

28. Khadartsev AA, Yakushina GN, Kidalov VN. *Issledovanie terapevticheskoy chuvstvitel'nosti organizma cheloveka v usloviyakh vozdeystviya nizkointensivnogo KVCh-oblucheniya [The study of therapeutic sensitivity of the human body under the action of low-intensity short-wave radiation]* V sb. «Obzor nachno-issledovatel'skikh rabot, vypolnennykh pri finansovoy podderzhke administratsii Tul'skoy oblasti». Tula; 2002. Russian.

29. Khadartsev AA, Yakushina GN, Kidalov VN, Borisova ON. *Effekty vozdeystviya elektromagnitnogo izlucheniya millimetrovogo diapazona [The effects of exposure to electromagnetic radiation of millimeter range]*. *Vladikavkazskiy mediko-biologicheskiy vestnik*. 2002;2(3, 4):51-6. Russian.

30. Khadartsev AA, Yakushina GN, Kidalov VN, Borisova ON. *Gematologicheskie kriterii vozdeystviya elektromagnitnogo izlucheniya millimetrovogo diapazona. [Hematologic criteria to electromagnetic radiation of millimeter range]* V sb. «Meditsinskie aspekty kvalitologii». L'vov; 2003:138-42. Russian.

31. Khadartsev AA, Ivanov DV. *Kletochnye tekhnologii v vosstanovitel'noy meditsine: Monografiya [Cellular technologies in regenerative medicine: Monograph]*. Pod red. Lishchuka AN. Tula: Tul'skiy poligrafist; 2011. Russian.

32. Khasaya DA. *Vliyanie elektromagnitnogo izlucheniya millimetrovogo diapazona na svobodnoradikal'nye protsessy krovi u krysv linii vistar pri ekranirovani shungitom (eksperimental'noye issledovanie) [Influence of electromagnetic radiation of millimeter range on free radical processes in the blood Wistar rats at the screening shungite (experimental is-adherence)]*. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2009;16(4):223-4. Russian.

33. Chuyan EN, Biryukova EA, Ravaeva MY. *Izmeneniye pokazateley funktsional'nogo sostoyaniya cheloveka pod vozdeystviem nizkointensivnogo EMI KVCh [Changes in a person's functional state under the influence of low-intensity EHF EMR]*. *Fizika zhivogo*. 2008;16(1):91-8. Russian.

34. Chuyan EN, Dzheldubaeva ER. *Mekhanizmy antinotsitseptivnogo deystviya nizkointensivnogo millimetrovogo izlucheniya: monografiya [The mechanisms of antinociceptive effect of low-intensity millimeter radiation: monograph]*. Simferopol': DIAYPI; 2006. Russian.

Библиографическая ссылка:

Иванов Д.В., Алиева Д.О. Клеточные технологии с позиции системного анализа и синтеза (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №4. Публикация 8-3. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-4/8-3.pdf> (дата обращения: 19.10.2016). DOI: 10.12737/22332.