

*На правах рукописи*

**Шакирова Лилия Салаватовна**

**ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-  
СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ШКОЛЬНИКОВ ХМАО-ЮГРЫ  
ПРИ ШИРОТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ И ДЕЙСТВИИ  
РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

**03.03.01 – Физиология (медицинские науки)**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени**

**кандидата медицинских наук**

**Самара – 2017**

Работа выполнена в бюджетном учреждении высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет».

**Научный руководитель:**

доктор биологических наук, доцент Нифонтова Оксана Львовна

**Официальные оппоненты:**

**Мирошниченко Игорь Васильевич** - доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Якунин Валерий Ефимович** - доктор медицинских наук, профессор кафедры теоретической и прикладной психологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тольяттинский государственный университет».

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина».

Защита диссертации состоится «13» декабря 2017г. в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д 208.085.03 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (443079, г. Самара, пр. К. Маркса, 165 Б).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке (443001, г. Самара, ул. Арцыбушевская, 171) и на сайте (<http://www.samsmu.ru/science/referats>) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Автореферат разослан «\_\_»\_\_\_\_\_ 2017 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор медицинских наук, профессор

Бабанов Сергей Анатольевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Согласно данным, представленным в докладе департамента здравоохранения ХМАО - Югры «О состоянии здоровья населения Ханты-Мансийского автономного округа - Югры в 2015 году», заболевания системы кровообращения, как и в прошлые годы, занимают лидирующее место (40,2%), в структуре общей смертности.

Комплексное воздействие экстремальных факторов (пониженный уровень влажности воздуха, низкое содержание в воздухе аэроионов, колебания электромагнитного поля, резкие перепады атмосферного давления) приводят к напряжению механизмов саморегуляции, а также к истощению функционального резерва организма человека (Агаджанян Н.А. и соавт., 2001; Грибанов А.В., Данилова Р.И., 1994; Еськов В.М. и соавт., 2004; Карпин В.А., Филатова О.Е., 2012).

Суровые климатические условия северных регионов побуждают жителей к массовым переездам в период отпусков. Трансширотные перемещения (смена климатических зон) в ряде случаев могут способствовать срыву адаптации и приблизить наступление фазы истощения (Агаджанян Н.А. и соавт., 2006; Матюхин В.А. и соавт., 1986; Кривошеков С.Г. и соавт., 2003). В связи с этим, воздействие климатогеографических факторов на формирование заболеваемости сердечно-сосудистой системы (ССС) и её прогрессирование, считаются важными проблемами, которые требуют дальнейшего исследования.

Особый интерес представляет исследование реакций стресс-лимитирующих систем детского организма на воздействие экстремальных факторов окружающей среды в период непрерывного роста и развития ребенка. Значимость данного вопроса состоит в том, что природно-климатические факторы каждого региона Севера РФ специфичны (Еськов В.М. и соавт., 2004; Казначеев В.П. и соавт., 1980; Карпин В.А. и соавт., 2003), а реакции различных систем организма ребенка особенно чувствительны к их влиянию и обладают своими характерными чертами. Ранняя диагностика изменений в миокарде, а также профилактика данных состояний особенно актуальны, так как дисфункции различных систем организма

формируются преимущественно в детском возрасте (Грибанов А.В., Малофеевская И.Н., 2011; Кучма В.Р. и соавт., 1999, 2002; Нифонтова, О.Л., 2009).

**Степень разработанности темы исследования.** Анализ особенностей функционирования ССС школьников при широтных перемещениях (с Севера на Юг РФ и обратно) и идентификация характерных различий параметров вегетативной нервной системы (ВНС) до и после оздоровительных мероприятий является важным разделом физиологии ССС в особых экстремальных северных условиях ХМАО - Югры.

В настоящее время эффективность оздоровительных мероприятий в медицине и, в частности, в физиологии оценивают путём статистического сравнения отдельных диагностических признаков. Традиционные стохастические методы при этом обладают рядом недостатков и могут ошибочно показать отсутствие реальных изменений. Низкая эффективность стохастических методов в медицине доказывается наличием неопределенности 1-го типа (Еськов В.М. и соавт., 2006-2017). Для решения данного вопроса лабораторией биокibernетики и биофизики сложных систем (Сургутский государственный университет) были разработаны новые подходы и запатентованы программные продукты, эффективно решающие данную проблему. Использование данных методов в настоящей работе позволило объективно оценить адаптационные и функциональные резервы детского организма до и после отдыха на Юге РФ, обозначить динамику изменения параметров кардио-респираторной системы (КРС) организма школьников при широтных перемещениях.

**Целью** настоящего исследования является установление статистических и хаотических закономерностей поведения параметров сердечно-сосудистой системы школьников ХМАО – Югры при широтных перемещениях (с Севера на Юг РФ и обратно) и действии различных климатогеографических факторов.

**Данная цель обозначила постановку и решение следующих задач:**

1. Путём выполнения статистического анализа параметров регуляции нейро-вегетативной системы и спектральных характеристик сердечного ритма в разных состояниях организма учащихся (перед отъездом из г. Сургута, после приезда в

оздоровительный лагерь, после двухнедельного отдыха и при возвращении на Север) установить наличие (или отсутствие) неопределённости 1-го и 2-го типа.

2. Установить различия в динамике поведения параметров квазиаттракторов сердечно-сосудистой системы девочек и мальчиков при широтных перемещениях, до и после отдыха на Юге РФ, в  $m$ -мерном фазовом пространстве.

3. Идентифицировать эффективность воздействия оздоровительных мероприятий на ССС школьников при широтных перемещениях и действии разных климатогеографических факторов по оценке межаттракторных расстояний  $Z_{ij}$  для квазиаттракторов ССС.

### **Научная новизна исследований**

1. Выявлена закономерность преимущественно непараметрического распределения значений кардиоинтервалов (КИ) и других параметров сердечно-сосудистой системы (для 13-ти параметров).

2. Для кардиоинтервалов при многократных повторных измерений (у одного того же человека) по пять минут доказано отсутствие статистической устойчивости получаемых подряд выборок КИ (в одном гомеостазе), вероятность парного совпадения выборок КИ (регистрация подряд) не превышает  $p < 0,03$ , что намного меньше общепринятого значения  $\beta=0,95$  в медицине.

3. На основе сравнительного анализа расчёта параметров объемов квазиаттракторов (КА) и кинематических характеристик движения этих КА вектора состояния организма (ВСО) определены особенности изменения различных показателей ССС (включая вегетативную нервную систему) учащихся Югры (отдельно мальчики и девочки) при широтных перемещениях, до и после оздоровительных мероприятий на Юге РФ в  $m$ -мерном фазовом пространстве состояний.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

1. Впервые изучена динамика поведения параметров квазиаттракторов параметров ВНС (в шестимерном фазовом пространстве состояний,  $m = 6$ ), которая показывает существенные различия между изменениями параметров ССС у девочек и мальчиков до и после отдыха на Юге РФ. Мальчики после приезда демонстрируют некоторый возврат в исходное (до отъезда) состояние. У девочек же,

наоборот, наблюдается сохранение оздоровительного эффекта, что характеризует особенность проживания в северных регионах РФ в целом и устойчивый адаптационный потенциал девочек ХМАО-Югры.

2. Идентификация основных диагностических параметров ССС школьников, пребывающих в различных климатических условиях и при проведении оздоровительных мероприятий, позволяет рассчитывать параметры ССС в фазовых пространствах состояний (ФПС) с использованием новых компьютерных программных продуктов. Новый подход позволяет увидеть и оценить эффективность оздоровительных мероприятий: уменьшение объёма квазиаттрактора ( $V_G$ ) свидетельствует о положительном эффекте оздоровительных мероприятий. При этом стохастические методы могут не показывать различия в выборках диагностических признаков  $x_i$  до и после отдыха на Юге РФ, возникает неопределенность 1-го типа в клинической медицине и физиологии.

3. Новые подходы обеспечивают получение объективной информации о динамике параметров ССС до и после отдыха на Юге РФ, что создает условия для физиологического контроля за статусом функциональных систем организма школьников в условиях Севера РФ. Полученные данные позволили разработать критерии оценки профилактических и корректирующих программ по охране здоровья детей в ХМАО - Югре и других северных регионов РФ.

**Методология и методы исследования.** В процессе исследования использованы традиционные статистические методы и новые методы в рамках теории хаоса-самоорганизации (ТХС). Математическая обработка данных осуществлялась с помощью использования современных компьютерных программ в рамках этих двух подходов: стохастического и методов теории хаоса-самоорганизации.

### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Анализ параметров ССС по показателям ВНС и спектральных характеристик сердечного ритма школьников при широтных перемещениях (с Севера на Юг РФ и обратно) и проведении оздоровительных мероприятий показывает возможность возникновения неопределенности 1-го типа, когда стохастические методы не позволяют выявлять достоверно различия в выборках  $x_i$  до перемещения

и отдыха, а также после приезда. Расчёт параметров квазиаттракторов для ВНС (в шестимерном ФПС) и для спектральных характеристик (в семимерном ФПС) в фазовом пространстве состояний позволяет решить такую задачу.

2. Разработанные программные продукты в рамках ТХС дают возможность установить гендерные различия динамики параметров variability сердечно-го ритма школьников до и после широтных перемещений (с Севера на Юг РФ и обратно) и оздоровления на Юге РФ. Это, в свою очередь, позволяет объективно оценить динамику резервных возможностей организма школьников.

3. На основе расчета параметров квазиаттракторов вектора состояния организма и матриц межаттракторных расстояний  $Z_{ij}$  (между центрами квазиаттракторов) возникает возможность объективной оценки динамики состояния сердечно-сосудистой системы школьников до и после широтных перемещений и действия разных климатогеографических факторов.

### **Апробация работы**

Материалы диссертации докладывались на Всероссийской научно-практической конференции «Экология и природопользование в Югре» (Сургут, 2014); IV Всероссийской конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях» (Нижний-Новгород, 2015); Российской конференции с международным участием «Экспериментальная и компьютерная биомедицина» (Екатеринбург, 2016); VIII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные науки сегодня»; VI Всероссийском симпозиуме с международным участием «Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов» (Ижевск, 2016).

### **Внедрение результатов исследования**

Разработанные методы расчета параметров квазиаттракторов ССС и межаттракторных расстояний  $Z_{ij}$  внедрены в медицинскую практику НУЗ «Отделенческая клиническая больница на станции Сургут ОАО "РЖД"» для оценки эффективности проведения лечебно-оздоровительных мероприятий в отделении восстановительной медицины, в научную работу НИИ Новых медицинских техноло-

гий (г. Тула), используется в деятельности Управления Роспотребнадзора по ХМАО - Югре и учебном процессе в БУ ВО «Сургутский государственный университет» на кафедрах факультетской терапии, биофизики и нейрокибернетики, о чем свидетельствуют акты внедрения.

### **Декларация личного участия автора**

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач исследования, сборе и обработке первичного материала, в количественной (статистика и методы в рамках ТХС), а также качественной интерпретации полученных результатов для написания и оформления рукописи. С непосредственным участием автора были построены и проанализированы модели динамики состояния параметров сердечного ритма учащихся в рамках новых подходов.

**Связь темы диссертации с планом основных научно-исследовательских работ университета.** Работа выполнялась в рамках государственной программы «Разработка новых методов теории хаоса и синергетики для изучения сложных биосистем в условиях саногенеза и патогенеза на Севере РФ» (901200965746).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 15 печатных работ, в том числе 6 работ в изданиях, рекомендуемых в перечне ВАК Минобрнауки РФ.

**Объем и структура диссертации.** Диссертационная работа изложена на 183 страницах машинописного текста. Работа проиллюстрирована 33 таблицами и 13 рисунками.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Объекты и методы исследования.** В ходе проведения настоящего исследования использовались результаты мониторингового обследования состояния сердечно-сосудистой системы 55 учащихся (25 мальчиков и 30 девочек) г. Сургута. Предметом анализа явились изменения параметров ССС учащихся до и после широтных перемещений (с Севера на Юг РФ и обратно) и проведения оздоровительных мероприятий на Юге РФ. Исследования проводились в марте, температура воздуха в г.Сургуте составляла (-8°C до - 16°) в Туапсе (+8°C до +15°C). Критерии включения: возраст учащихся 7-11 лет; отсутствие жалоб на состояние



здоровья в период проведения обследований. Критерии исключения: болезнь учащегося в период обследования. Школьники по половому признаку были разбиты на две группы исследования (девочки и мальчики). В каждой группе тестирование выполнялось в 4-х разных временных промежутках: **1-й этап** - до отъезда детей в оздоровительный лагерь «Юный нефтяник» (ЮН); **2-ой этап** - по прилету в ЮН; **3-й этап** в конце отдыха перед вылетом из ЮН; **4-й этап** непосредственно по прилету в г. Сургут.

Информацию о состоянии параметров ССС и, в частности, нейровегетативной регуляции организма учащихся получали неинвазивным методом пульсоинтервалографии на базе приборно-программного обеспечения пульсоксиметра «ЭЛОКС-01», разработанного и изготовленного в ЗАО ИМЦ «Новые приборы», г. Самара. Программный продукт «Eg3-f.exe», которым снабжен прибор, в автоматическом режиме отображает в виде ряда показателей изменения работы и механизмов регуляции сердца в режиме реального времени, с одновременным построением гистограммы распределения длительности кардиоинтервалов и регистрацией уровня оксигемоглобина ( $SpO_2$ ) крови в процентах. Выбор данного метода был связан с тем, что ритм сердечных сокращений является наиболее доступным для регистрации физиологических параметров состояний ВНС.

Отдельно нами были рассчитаны показатели интегрально-временных и спектральных параметров variability сердечного ритма (BCP). Регистрация параметров ССС обследуемых производилась в шестимерном фазовом пространстве состояний общего вектора состояния ССС в виде  $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ , где  $m=6$ . Эти координаты  $x_i$  состояли из:  $x_1$  – *SIM* – показатель активности симпатического отдела ВНС, у.е.;  $x_2$  – *PAR* – показатель активности парасимпатического отдела ВНС, у.е.;  $x_3$  – *SSS* – число ударов сердца в минуту;  $x_4$  – *SDNN* – стандартное отклонение измеряемых кардиоинтервалов, мс;  $x_5$  – *INB* – индекс напряжения (по Р.М.Баевскому), у.е., %;  $x_6$  – *SpO<sub>2</sub>* – уровень оксигенации крови (уровень оксигемоглобина). Далее были рассчитаны компоненты спектральной мощности BCP. Исследование производилось в рамках традиционной математической статистики при помощи программных пакетов - «Excel MS Office-2003» и «Statistica 6.1». На

основе вычисления критерия Шапиро-Уилка оценивалось распределение признака на соответствие нормальному закону распределения (при критическом уровне значимости принятым равным  $p > 0,05$ ). Сравнение переменных выполнялось при помощи критерия парных сравнений Вилкоксона ( $p > 0,05$ ).

Одновременно для учёта элементов хаоса в динамике параметров ССС нами использовались новые методы в рамках теории хаоса-самоорганизации, которые обеспечили расчёт параметров квазиаттракторов (объём ( $V_G$ ) и параметра асимметрии ( $R_X$ )), а также находились матрицы межаттракторных расстояний ( $Z_{ij}$ ) для всех квазиаттракторов. Обработка параметров квазиаттракторов производилась с помощью авторских программных продуктов «Программы идентификации параметров квазиаттракторов поведения вектора состояния биосистем в  $m$ -мерном фазовом пространстве» (Еськов В.М., Брагинский М.Я., Русак С.Н., Устименко А.А., Добрынин Ю.В. Свидетельство № 2006613212 от 13.09.2006 г.).

Результаты статистической обработки данных показателей ССС учащихся при широтных перемещениях анализировались как с позиции статистики, так и в рамках новых методов, где рассчитывались объёмы квазиаттракторов по вариационным размахам  $\Delta x_i$  каждого признака ССС (для КА  $x_i = x_i(t)$  - величина КИ и  $x_2(t) = dx_1/dt$  - скорость изменения КИ). Методы описаны в ряде публикаций (Бетелин В.Б. и соавт., 2017; Еськов В.М. и соавт., 2006 - 2017).

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Результаты исследования мы разделили на два блока. В первом блоке представлены результаты исследования в рамках детерминистско-стохастического подхода, во втором блоке показаны результаты использования новых методов и программных продуктов в рамках теории хаоса-самоорганизации.

### **Статистическая оценка параметров ССС учащихся при широтных перемещениях и проведении оздоровительных мероприятий на Юге РФ.**

Результаты проверки на нормальность распределения кардиоинтервалов ССС демонстрируют, что большинство выборок являются непараметрическими. Вследствие этого, дальнейшие исследования зависимостей производились методами непараметрической статистики. В результате использования непараметри-

ческого критерия Вилкоксона ( $p < 0,05$ ) мы получили многочисленные таблицы парного сравнения выборок КИ мальчиков и девочек до и после широтных перемещений и отдыха на Юге РФ.

Анализ расчёта матриц парного сравнения показал, что из 300 различных пар кардиоинтервалов мальчиков (разные испытуемые) всего 7-10% пар показывают возможность отнесения данных двух выборок к 1-ой генеральной совокупности. Остальные 270-280 пар сравнений демонстрируют различие. В группе девочек, такую возможность демонстрируют 4,3-6,8% из 435 разных пар. Между тем, если провести аналогичный анализ регистрации КИ, у одного испытуемого, то полученное количество пар будет похожим (17% пар).

Система регуляции сердечного ритма демонстрирует генерацию различных выборок, но состояние механизмов регуляции будет постоянно изменяться. В результате для всех  $f(x)$  получим хаотический набор (кроме стохастического совпадения пар, но и они при повторях также не будут совпадать). Следовательно, для регуляции сердечного ритма свойственна хаотическая динамика, независимая от индивидуума. Это значит, что любые интервалы выборки КИ полученные при регистрации будут уникальными, то есть внутренняя регуляция будет непрерывно изменяться (даже в состоянии покоя). Поэтому полученные результаты с использованием стохастического анализа в виде матриц парных сравнений выборок будут обладать небольшой информативностью. Только для данного промежутка времени, будут характерны данные изменения в изучаемых параметрах и функции распределения  $f(x)$ .

В действительности, количество пар совпадений непрерывно изменяется, в зависимости от физиологического состояния организма школьников или условий окружающей внешней среды. Для КИ были построены многочисленные матрицы (25 x 25) для мальчиков и (30 x 30) для девочек попарного сравнения в 4-х состояниях. В результате сравнении 1 и 2 состояния (таблица 1) было получено 50 (мальчики) и 48 (девочки) пар совпадений ( $p > 0,05$ ). При сравнении КИ в период отдыха (2 и 3 точка) происходило уменьшение 42 и 43 пар (мальчики и девочки соответственно), после приезда домой при сравнении 3 и 4 состояния, у мальчи-

ков наблюдалось возвращение в исходное состояние, а у девочек увеличение пар (приближение к стохастике, переход к некоторому порядку). Разница между количеством совпадений показывает различие функционального состояния школьников в условиях широтных перемещений. В нашем случае, при сравнении количество пар совпадений у мальчиков составляет всего 6,7-9%, у девочек 4,5-7,4%.

Показатель площади квазиаттракторов ( $S_{КА}$ ) кардиоинтервалов также зависит от физиологического состояния организма школьников. Для ВНС у мальчиков динамика площади квазиаттракторов имеет параболический характер, а у девочек - экспоненциальное уменьшение. Очевидно, что квазиаттракторы для КИ у девочек дают существенные различия на фоне оздоровительных мероприятий (на фоне отсутствия существенных различий для мальчиков).

**Таблица 1 - Сравнения выборок кардиоинтервалов школьников в 1 - 4 этапах исследования (попарное сравнение по Вилкоксоу, критерий значимости  $p < 0,05$ , совпадений ( $k$ ) 6,7-9,1%, (у мальчиков) и 4,5-7,4% (у девочек)**

	Группа мальчиков (n=25)					
	1 и 2	1 и 3	1 и 4	2 и 3	2 и 4	3 и 4
число совпадений $k$ из общего числа пар сравнений $N=625$	50	49	52	42	57	49
	Группа девочек (n=30)					
	1 и 2	1 и 3	1 и 4	2 и 3	2 и 4	3 и 4
число совпадений $k$ из общего числа пар сравнений $N=900$	48	52	41	43	54	67

Следовательно, можно говорить, что результаты статистической обработки слабо (с низкой достоверностью) отражают количественные показатели изменения параметров ССС, а обработка данных в рамках ТХС дает более точные качественные и количественные различия (особенно там, где статистика не показывает различий). Новые методы дают более выраженные значения различий, чем традиционные статистические

Выполненный анализ попарных сравнений интегрально-временных параметров  $x_i$  ССС с использованием критерия Вилкоксона продемонстрировал (таблица 2), что статистически значимые различия между 1-й и 2-й, 1-й и 3-й группа-

ми выявлено только по показателю  $SpO_2$  (критерий Вилкоксона составляет  $p=0,01$  и  $p=0,00$  соответственно). Это значит, что резких изменений по остальным показателям ССС, в частности, по показателям ВНС после приезда на Юг РФ и двухнедельного отдыха по сравнению с 1-м состоянием (до отъезда) не наблюдается. Статистически значимые различия при сравнении 1-й и 3-й групп девочек выявлены только по показателям  $PAR$ ,  $SSS$ ,  $SDNN$  ( $p=0,02$ ,  $p=0,01$  и  $p=0,03$  соответственно). Анализ сравнения параметров в конце отдыха и непосредственно по возвращению в г.Сургут, выявил у группы мальчиков статистически значимые различия показателей  $PAR$ ,  $SSS$ ,  $SpO_2$ . У девочек статистические различия показали параметры  $SIM$ ,  $SSS$  при сравнении параметров в конце отдыха и непосредственно по возвращению в г. Сургут, что демонстрирует отсутствие резких изменений до и после широтных перемещений и отдыха в параметрах ССС организма школьников. Отсутствуют статистически значимые различия при сравнении параметра  $SIM$  при анализе группы мальчиков (во всех состояниях) и параметра  $INB$  при сравнении девочек (во всех состояниях).

Таблица 2 - Уровни значимости  $p$  для попарных сравнений интегрально-временных параметров  $x_i$  ССС школьников при широтных перемещениях в 4-х связанных выборках с помощью критерия Вилкоксона ( $p<0,05$ )

Группы сравнения	Уровни значимости $p$ для признаков $x_i$					
	$SIM$	$PAR$	$SSS$	$SDNN$	$INB$	$SpO_2$
<b>Мальчики (<math>n=25</math>)</b>						
1 и 2	0,50	0,37	0,19	0,09	0,07	<b>0,00</b>
1 и 3	0,40	0,9	0,8	0,68	0,9	<b>0,00</b>
1 и 4	0,08	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,0</b>	0,66
2 и 3	1,00	0,7	0,7	0,77	0,6	0,57
2 и 4	0,16	0,0	<b>0,0</b>	0,15	<b>0,0</b>	0,07
3 и 4	0,24	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	0,14	0,1	<b>0,03</b>
<b>Девочки (<math>n=30</math>)</b>						
1 и 2	0,47	0,2	0,2	0,07	0,1	0,84
1 и 3	0,10	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,03</b>	0,0	0,47
1 и 4	0,87	0,1	0,3	0,29	0,6	0,66
2 и 3	0,26	0,1	0,0	0,20	0,1	<b>0,03</b>
2 и 4	0,85	0,7	0,4	0,65	0,6	0,68
3 и 4	<b>0,02</b>	0,1	<b>0,0</b>	0,11	0,2	0,78

Максимальное значение индекса напряжения (по Р.М. Баевскому -  $INB$ ) отмечается при нахождении детей на отдыхе (мальчики – 2-я и 3-я точки, девочки –

2-я точка, а при возвращении в г. Сургут этот показатель не превышает 83 у.е. (мальчики) и 191 у.е. (девочки), что говорит о повышении симпатической активности ВНС у школьников, причем у девочек это выражено сильнее.

Значение параметров уровня оксигенации крови ( $SpO_2$ ) при широтных перемещениях практически не изменяются ( $Me=98$  у.е.). Это говорит о том, что дети находятся на максимуме возможностей своего организма, так как при любой физической нагрузке (и даже находясь на отдыхе) у детей нет резервов для компенсации недостатка оксигемоглобина (в средней полосе эта величина для групп детей колеблется в пределах 93-95 у.е.). Это выраженная декомпенсация по оксигемоглобину реально представляет синдром напряжения у жителей ХМАО - Югры.

Выполненный анализ попарных сравнений спектральных параметров  $x_i$  ССС с использованием критерия Вилкоксона продемонстрировал, что отсутствуют статистически значимые различия при сравнении параметров  $LF$ ,  $LF_{norm}$ ,  $Hf_{norm}$  и  $LF/HF$  при анализе группы мальчиков и  $VLF$ ,  $LF$ ,  $Total$  группы девочек (во всех состояниях) ( $p>0,05$ ). Это также говорит, об отсутствии резких изменений до и после широтных перемещений в спектральных параметрах ССС школьников.

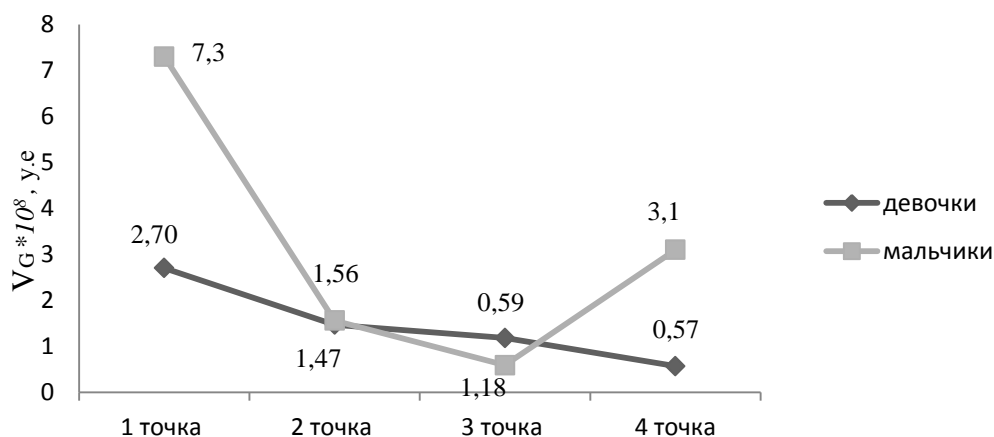
Отсутствие существенных статистически значимых различий при сравнении большинства параметров ССС подчеркивает низкую эффективность использования детерминистско-стохастического подхода. В рамках стохастического подхода широтные перемещения, смена климатической зоны и двухнедельный отдых несущественно влияют на параметры ССС. Данные не показывают существенных изменений функциональной деятельности в механизмах адаптации.

### **Оценка влияния широтных перемещений на интегрально-временные и спектральные параметры ССС учащихся с позиции статистической неустойчивости параметров организма**

Следующий этап исследования посвящен расчету параметров квазиаттракторов в 6-ти мерном фазовом пространстве интегрально-временных показателей и в 7-ми мерном фазовом пространстве спектральных показателей ССС школьников в 4 точках исследования, т.к. изменения данных параметров более существенны, чем результаты статистической обработки первичных данных. Отметим, что из табли-

цы 2 следует, что для многих пар сравнения выборок параметров ССС  $p > 0,05$  (нет статистических различий).

На рисунке 1 представлена динамика изменения объемов КА интегрально-временных параметров школьников в 4-х состояниях. После приезда в оздоровительный лагерь (2 точка) объем КА у мальчиков уменьшился в 4,8 раза, а у девочек в 1,8 раза по сравнению с 1 точкой (до отъезда). После 2-х недельного отдыха объём КА школьников продолжает снижаться, что свидетельствует об активизации регуляторных механизмов ССС и хорошем оздоравливающем эффекте двухнедельного пребывания детей на Юге РФ. По прилёту в г. Сургут (4 точка) объём КА у девочек продолжает снижаться, а у мальчиков резко возрастает в 6 раз, то есть у девочек реакция ССС более выраженная и стойкая, чем у мальчиков, которые показали в 4-й точке частичный возврат в исходное состояние, то есть недостаточную сформированность адаптационных механизмов. Между тем, объем КА после приезда домой у мальчиков в 2,3 раза, а у девочек в 4,7 раза меньше наблюдаемого объёма КА в 1 точки исследования. Характерно, что девочки исходно имеют повышенное значение  $V_G$  для квазиаттрактора (таблица 3), но они дают устойчивую картину снижения  $V_G$  в ходе отдыха и по возвращению в Югру. У мальчиков эта величина имеет вид параболы (с точкой минимума  $V_3 = 0,59 \cdot 10^8$  в конце отдыха). Однако возвращение в Югру даёт возврат в исходное состояние параметров ССС (рисунок 1).



**Рис.1.** Динамика изменения объемов КА (у.е.) интегрально-временных параметров ССС школьников при широтных перемещениях

Легко заметить, что мера хаотичности системы ( $R_x$ ) во всех состояниях различна (таблица 3). В группе мальчиков коэффициент асимметрии ( $R_x$ ), сначала уменьшается после отдыха в ЮН (3 точка), по сравнению с показателями в 1-й и 2-й точках, а затем резко увеличивается в 4-м состоянии и составляет  $R_x = 35.37$  усл. ед). Чем больше расстояние показателя асимметрии ( $R_x$ ), тем больше система отклоняется от состояния равновесия. Это говорит о том, что организм мальчиков до отъезда (1 точка) и в конце двухнедельного отдыха (4 точка) находится в определенном состоянии, которое приближается к стохастическому. Эта динамика подтверждается значение чисел  $k$  в матрицах парного сравнения.

**Таблица 3 - Результаты расчета параметров квазиаттракторов (у.е.) интегрально-временных параметров ССС ( $m=6$ ) школьников ( $n=55$ ) при широтных перемещениях (из Сургута на Юг РФ)**

	Мальчики (n=25)		Девочки (n=30)	
	$V_G$	$R_x$	$V_G$	$R_x$
1 точка исследования	$7,3*10^8$	29,74	$2,70*10^8$	97,53
2 точка исследования	$1,56*10^8$	29.87	$1,47*10^8$	72,96
3 точка исследования	$0,59*10^8$	22.03	$1,18*10^8$	69,57
4 точка исследования	$3,1*10^8$	35.36	$0,57*10^8$	72,26

С помощью новых методов мы установили, что однонаправленное снижение объемов квазиаттракторов и коэффициента асимметрии ( $V_G$  и  $R_x$ ) в сторону уменьшения указывает на уменьшение колебания ВСОЧ и повышение адаптационных возможностей системы регуляции ВНС, но это более выражено для девочек (чем для мальчиков).

Одновременно параметры квазиаттракторов спектральных характеристик дают обратную реакцию в семимерном фазовом пространстве систем. Как видно из таблицы 4, объем КА в группе мальчиков после приезда в оздоровительный лагерь увеличился в 2,6 раза, однако после двухнедельного отдыха, по сравнению с девочками, снижается и снова немного повышается в 4 точке. После возвращения в г. Сургут (4-я точка) объем КА составил  $V_G=3,1*10^8$  у.е., что 1,5 раза больше, наблюдаемого исходного объема КА в 1-й точки. Увеличение объема КА показывает недостаточную сформированность адаптационных механизмов по регуляции



СПС, а также степень рассогласования параметров функциональных систем организма (ФСО) мальчиков. Объем КА в группе девочек после двухнедельного отдыха (3-я точка) резко увеличился в 6 раз, что возможно демонстрирует повышенную двигательную активность и недостаточную сформированность адаптационных механизмов. Однако после приезда домой объем КА резко снижается и становится в 0,7 раз меньше наблюдаемого объема КА в 1-й точки. Это говорит о стабилизирующем влиянии и хорошем оздоравливающем эффекте двухнедельного пребывания на Юге РФ по параметрам организма девочек.

**Таблица 4 - Результаты расчета параметров квазиаттракторов спектральных характеристик параметров ССС ( $m=7$ ) мальчиков ( $n=25$ ) и девочек ( $n=30$ ) в 4-х точках обследования**

	Мальчики ( $n=25$ )		Девочки ( $n=30$ )	
	$V_G$	$R_x$	$V_G$	$R_x$
1 точка исследования	$2,0 \cdot 10^8$	7 880.5	$1,54 \cdot 10^8$	4017,2
2 точка исследования	$5,5 \cdot 10^8$	1 985.5	$1,56 \cdot 10^8$	11032,4
3 точка исследования	$2,2 \cdot 10^8$	2 819.7	$9,50 \cdot 10^8$	11523,8
4 точка исследования	$3,1 \cdot 10^8$	7 016.5	$1,10 \cdot 10^8$	4098,9

Изменения параметров квазиаттракторов ВСОЧ в  $m$ -мерном фазовом пространстве состояний более существенны, чем результаты статистической обработки их первичных данных, так как динамика изменения параметров квазиаттракторов до и после отдыха на Юге РФ более существенно различается.

### **Матрицы межаттракторных расстояний в сравнительной оценке параметров ССС, как кинематические характеристики состояния ФСО организма**

Расчёт матриц межаттракторных расстояний выполнен с помощью программы «*Clusters*». Метод многомерных фазовых пространств показал, что движения хаотических центров при широтных перемещениях мальчиков и девочек различаются. У мальчиков (таблица 5), наибольшее расстояние  $Z_{ij}$  установлено между 1-й (до отъезда в ЮН) и 4-й (после отдыха) точками ( $z=14,24$  у.е.), а наименьшее при сравнении 2-й (после приезда в ЮН) и 3-й (после 2-х недельного отдыха) точек ( $z=2,78$  у.е.). Именно эти  $z=14,24$  у.е. показывают оздоровительный эффект

отдыха по параметрам КРС для мальчиков. У девочек наибольшее расстояние  $Z_{ij}$  установлено между 1-й и 3-й точками, а наименьшее при сравнении 2-й и 3-й точек. Установлено, что большие межаттракторные расстояния наблюдаются в группе девочек между 1-й и 2-й; 1-й и 3-й точками.

В группе мальчиков при общем (суммарном) значении расстояний  $Z_{ij}$  после приезда и двухнедельного отдыха между 2-й, 3-й точками почти не изменяется (21,46 у.е. и 19,31 у.е. соответственно), суммарное значение для 1-й точки - 22,86 у.е. Однако, в 4-й точке сумма  $Z_{ij}$  резко увеличивается в 2,1 раза (до 40,83 у.е.), что говорит об особенностях влияния возвращения в Югру, когда после отдыха произошли значимые перестройки в организме ребенка. В целом, межаттракторные расстояния невелики.

При общем (суммарном) значении межаттракторные расстояния  $Z_{ij}$  в группе девочек для 1-й, 2-й и 3-й точек довольно высокие (по сравнению с мальчиками). Однако для 4-й точки наблюдается уменьшение практически до уровня 2-го состояния и составляет  $Z_{ij} = 30,74$  у.е. Это говорит об особом оздоровительном эффекте отдыха, который влияет на параметры организма девочек. В целом, 1-я и 3-я точки имеют наибольшее значение при суммировании всех  $Z_{ij}$  (по каждой строке), но 2-я и 4-я точки отстоят от 1-й точки (до начала отдыха) на расстояниях, которые превышают таковые для мальчиков в 3-4 раза.

**Таблица 4 -Матрица идентификации расстояний ( $Z_{ij}$ , у.е.) между хаотическими центрами КА интегрально-временных показателей ССС организма мальчиков и девочек при широтных перемещениях ( $m=6$ )**

	Группа мальчиков ( $n=25$ )				Группа девочек ( $n=30$ )			
	Точка исследования				Точка исследования			
	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>1</b>	0.00	4.98	3.64	14.2	0.00	15.9	21.9	7.75
<b>2</b>	4.98	0.00	2.78	13.7	15.9	0.00	6.32	8.48
<b>3</b>	3.64	2.78	0.00	12.8	21.9	6.32	0.00	14.5
<b>4</b>	14,2	13,7	12,8	0,00	7,75	8,48	14,5	0,00
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>22,86</b>	<b>21,46</b>	<b>19,31</b>	<b>40,83</b>	<b>45,7</b>	<b>30,7</b>	<b>42,81</b>	<b>30,74</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>7,62</b>	<b>4,98</b>	<b>3,64</b>	<b>14,2</b>	<b>15,2</b>	<b>10,2</b>	<b>14,27</b>	<b>10,20</b>

При общем (суммарном) значении межаттракторное расстояние  $Z_{ij}$ , между хаотическими центрами квазиаттракторов спектральных показателей ССС в группе мальчиков после приезда и двухнедельного отдыха снижается. Однако, после возвращения в г.Сургут, расстояние  $Z_{ij}$ , у мальчиков резко увеличивается в 1,7 раза, что говорит об особенностях влияния возвращения в Югру, когда после отдыха произошли значимые перестройки в организме мальчиков (существенное напряжение регуляторных процессов). Уменьшение расстояния  $Z_{ij}$ , между центрами хаотических КА у девочек во всех точках (2, 3, 4), говорит об оздоровительном эффекте отдыха на Юге РФ на параметры организма девочек. Оздоровительные мероприятия существенно уменьшают межаттракторные расстояния.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Установлены значительные различия в параметрах ССС, в частности, по показателям ВНС в группе мальчиков и девочек при широтных перемещениях (с Севера на Юг РФ и обратно). Разработанные программные продукты в рамках ТХС позволяют определить и оценить эффективность оздоровительных мероприятий, когда традиционные методы стохастики не всегда показывают различия в выборках  $x_i$  до и после отдыха. Увеличенные объемы КА подтверждают нарастание хаотичности в динамике исследуемых параметров ССС у школьников, что характерно для мальчиков до и после их возвращения из оздоровительного лагеря (частичный возврат в исходное состояние, до отъезда). Девочки это не показали, у них выраженная реакция (устойчивое снижение объемов КА) при проведении оздоровительных мероприятий. Это, возможно, объясняет большую продолжительность жизни женского населения Югры (у мужчин на 10 лет продолжительность ниже). Использование метода расчёта матриц межаттракторных расстояний в  $m$ -мерном фазовом пространстве даёт определенную количественную оценку адаптационных резервов организма.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

Предложенные новые методы и программные продукты уже внедрены в практическое здравоохранение, что обеспечивает объективную оценку проводимых оздоровительных мероприятий. Эти методы доказывают особую реакцию

ССС девочек (устойчивое снижение объемов КА), сравнительно с мальчиками. Это требует проведения особых мероприятий по изменению двигательной активности именно у мальчиков (для которых оздоровительный эффект выражен слабее).

## ВЫВОДЫ

1. С позиции стохастики анализ параметров ССС учащихся при широтных перемещениях и при проведении оздоровительных мероприятий выявил ограниченные возможности использования нормального закона распределения по 13-ти параметрам ССС школьников. При статистическом сравнении параметров ССС в шестимерном (интегральные параметры) и семимерном (спектральные характеристики) фазовом пространстве диагностических признаков  $x_i$  статистически достоверные различия (при парных сравнениях в 4-х точках измерения) ССС демонстрируются у менее чем 30 % пар сравнения для исследуемых признаков. Возникает неопределенность 1-го типа, что требует использования других методов анализа. Отсюда следствие – традиционная стохастика в описании КРС имеет низкую эффективность, более того поведение кардиоинтервалов носит хаотический характер, что демонстрируется (одновременно при повторных измерениях и у 1-го человека, и у групп) как неопределенность 2-го типа.

2. Отдельный анализ динамики кардиоинтервалов (КИ) в четырех точках измерения параметров ССС мальчиков и девочек выявил существенные различия в площадях квазиаттракторов. Для параметров ВНС у мальчиков динамика площади квазиаттракторов имеет параболический характер (частичный возврат в исходное состояние после приезда в г.Сургут), а у девочек - экспоненциальное уменьшение (устойчивый эффект оздоровительного воздействия).

3. С помощью новых методов установлено, что однонаправленное снижение объемов квазиаттракторов ( $V_G$ ) параметров ССС и коэффициента асимметрии ( $R_x$ ), указывает на высокую эффективность оздоровительных мероприятий и повышение адаптационных возможностей системы регуляции ВНС в условиях широтных перемещений. Расширение объема  $m$ -мерного параллелепипеда  $V_G$ , ограничива-

ющего КА, подтверждает нарастание дезадаптационных процессов у школьников или характеризует некоторые перестройки в организме (у девочек по СПС).

4. Использование метода расчёта квазиаттракторов для интегрально-временных параметров показали, что кратковременный отдых на Юге РФ уменьшает размеры квазиаттрактора ВСС и частично нормализует показатели кардиореспираторной системы детей. Одновременно, квазиаттракторы спектральных характеристик дают обратную реакцию в семимерном фазовом пространстве систем. У девочек реакция ССС по интегрально-временным параметрам более выраженная и стойкая, чем у мальчиков, которые показали в 4-й точке частичный возврат в исходное состояние.

5. Установлено, что метод расчёта матриц межаттракторных расстояний в  $m$ -мерном фазовом пространстве представляет определенную количественную оценку адаптационных резервов организма. Результаты исследования показали, что движение хаотических центров квазиаттракторов ССС до и после отдыха у мальчиков и девочек существенно различается. У девочек исходное (1-е) состояние (точка измерения) находится на максимальном расстоянии (на отдыхе) от всех остальных состояний  $Z_{13}=21,9$  у.е. для интегрально-временных параметров и на расстоянии  $Z_{13}=2106,6$  у.е. по спектральным характеристикам (в семимерном ФПС). У мальчиков наблюдается иная картина: имеется небольшое расстояние для интегрально-временных параметров  $Z_{13}=3,64$  у.е. и для спектральных характеристик имеем  $Z_{13}=905,8$  у.е.. В этом случае динамика интегрально-временных параметров и спектральных характеристик для мальчиков и девочек различаются, что показывает для девочек (у мальчиков обратная реакция) сразу большое увеличение межаттракторных расстояний (во 2-м и 3-м измерении) по отношению к 1-му состоянию (это объясняет и устойчивое снижение объемов квазиаттракторов). У мальчиков ( $Z_{12}=4,98$  у.е.) и ( $Z_{13}=3,64$  у.е.) не может обеспечить устойчивость снижения  $V_G$  и мы наблюдаем в 4-й точке частичный возврат в исходное состояние.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Статистический подход в анализе параметров ССС имеет существенные недостатки. В этой связи при переходе на индивидуализированную медицину мы должны повторять измерения и рассчитывать матрицы парных сравнений выборок всех параметров ССС и определять параметры квазиаттракторов для одного пациента (иначе разовая выборка не дает объективной информации).

2. С помощью новых методов в рамках ТХС возможно определение параметров квазиаттракторов ССС для групп испытуемых в условиях изменения климатогеографических факторов и проведения оздоровительных мероприятий. Расчет параметров КА ССС показывает значительное различие по всем диагностическим признакам  $x_i$ , что позволяет объективно оценивать эффективность оздоровительных мероприятий и динамику резервных возможностей организма и их прогностическую значимость.

3. Новый подход в рамках ТХС рекомендуется использовать органам управления образованием для планирования и выработки профилактических и корригирующих программ, мероприятий по охране здоровья детей, проживающих на Севере РФ, а также объективной оценки качества этих проводимых мероприятий, особенно это актуально для мальчиков, которые требуют особого внимания.

4. Новые методы изучения динамики параметров ССС школьников и разработанные программные продукты для обработки полученных данных рекомендуется применять для мониторинга и для оценки действия экологических факторов среды на параметры ССС детей и подростков ХМАО-Югры.

### Список опубликованных работ по теме диссертации:

1. Шакирова, Л.С. Параметры сердечно-сосудистой системы школьников в условиях санаторного лечения [Текст] / А.А. Пахомов, Д.В. Синенко, А.А. Хадарцев // Вестник новых медицинских технологий. - 2016. - Т. XXIII, №1. - С.7-15.

2. Шакирова, Л.С. Динамика параметров спектральной мощности variability сердечного ритма школьников при широтном перемещении [Электронное издание] / О.Л. Нифонтова, Н.Н. Нерсисян, Ю.В. Рассадина // Вестник новых медицинских технологий. - 2016. - Т. 10, №1. - С.34-42. - Режим доступа: <http://elibrary.ru/download/33349740.pdf>

3. Шакирова, Л.С. Влияние широтных перемещений на динамику параметров спектральной мощности variability сердечного ритма девочек [Электронное издание] / О.Л. Нифонтова, Л.С. Сорокина, И.В. Ключ // Вестник новых медицинских технологий.-2016.-№2. Публикация 1. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-2/1-8.pdf>

4. Шакирова, Л.С. Статистический анализ параметров вегетативной нервной системы школьников Югры в условиях широтного перемещения [Электронное издание] / О.Л. Нифонтова, В.М. Еськов, Д.В. Синенко // Вестник новых медицинских технологий.-2016. №3. Публикация 1-12. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-3/1-12.pdf>

5. Шакирова, Л.С. Стохастический и хаотический анализ параметров сердечно-сосудистой системы школьников в условиях широтных перемещений [Текст] / Д.Ю. Филатова., О.М. Ворошилова, К.Р. Камалтдинова // Вестник новых медицинских технологий - 2017. - Т. XXIV, №1. – С.15-20.

6. Шакирова, Л.С. Матрицы межаттракторных расстояний в оценке показателей параметров сердечно-сосудистой системы мальчиков и девочек в условиях широтных перемещений [Электронное издание] / Л.С. Шакирова, Д.Ю. Филатова, М.В. Трусов, О.А. Мороз // Вестник новых медицинских технологий. -2017. №1. Публикация 1-3. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-1/1-3.pdf>

7. Шакирова, Л.С. Персонафицированная медицина и экология человека в рамках теории хаоса и самоорганизации [Текст] / А.А. Соколова, О.А. Глазова, Д.С. Игуменов, Ю.С. Романова // Экология и природопользование в Югре, мат.-лы Всерос. науч.-пркт. конф., посвящ. 15-летию кафедры экологии СурГУ.- СурГУ.- Сургут. - 2014. - С. 133-135.

8. Шакирова, Л.С. Стохастический и хаотический анализ динамики параметров сердечно-сосудистой системы детей Югры в условиях широтных перемещений [Текст] / Д.Ю. Филатова, Д.В. Синенко, А.А. Соколова. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – № 3 - С. 5-13.

9. Шакирова, Л.С. Особенности параметров сердечно-сосудистой системы учащихся при трансширотных перемещениях [Текст] / В.В.Козлова, Д.В. Горбунов Л.С.Сорокина //Северный регион: наука, образование, культура - 2015. – том 3 № 2 (32) – С. 36-40.

10. Шакирова, Л.С. Матрицы межаттракторных расстояний в оценке показателей параметров спектральной мощности variability сердечного ритма школьни-

ков при широтном перемещении [Текст] / Д.В. Синенко, О.М. Ворошилова, И.В. Илюйкина // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2016. – № 1.-С. 5-11.

**11.** Шакирова, Л.С. Сравнительная оценка параметров сердечно-сосудистой системы школьников в условиях санаторного лечения [Текст] / Г.Р. Гараева, Д.В. Синенко, Л.С. Сорокина // Сложность. Разум. Постнеклассика.-2016.-№ 2.-С. 5-11.

**12.** Шакирова, Л.С. Анализ параметров вегетативной нервной системы мальчиков Югры в условиях санаторного лечения на юге РФ [Текст] / О.Л. Нифонтова, В.М. Еськов, Д.В. Синенко // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2016. – № 3. - С. 16-22.

**13.** Шакирова, Л.С. Анализ параметров спектральной мощности variability сердечного ритма детей югры в условиях санаторного лечения [Текст] / О.Л.Нифонтова, Д.Ю. Филатова, Е.С. Шерстюк // Клиническая медицина и фармакология. - 2016. - Т. 2, № 3. -С. 36-41.

**14.** Шакирова, Л.С. Сравнительная характеристика параметров variability сердечного ритма школьников Югры в условиях санаторного лечения [Текст] / Г.Р. Гараева, О.Л.Нифонтова, Д.В.Синенко // Матер. VI Всероссийского симпозиума с международным участием «Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов» – 2016. – С. 223-227.

**15.** Шакирова, Л.С. Сравнительная оценка параметров сердечно-сосудистой системы девочек при широтном перемещении [Текст] / Д.Ю. Филатова, О.М. Ворошилова, Я.Ю. Алексенко // Сложность. Разум. Постнеклассика. - 2016. -№ 4.- С. 40-46.

### СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВНС – вегетативная нервная система

ВСС – вектор состояния системы

ВСОЧ – вектор состояния организма человека

ВСП – variability сердечного ритма

КА – квазиаттрактор,

КИ – кардиоинтервал

КРС – кардио-респираторная система

ССС – сердечно-сосудистая система

ТХС – теория хаоса и самоорганизации

ФПС – фазовое пространство состояний

ФСО – функциональные системы организма