

## **I. БИОМЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И СИНЕРГЕТИКА**

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОЖИТЕЛЬНОСТИ У РОССИЙСКОЙ НАРОДНОСТИ ХАНТЫ ПО ХАОТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКЕ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ**

*Хадарцев А.А., Гавриленко Т.В., Дегтярев Д.А., Соколова А.А.*

*ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет ХМАО – Югры»*

*Методами теории хаоса-самоорганизации и методами классической статистики изучалось поведение вектора состояния сердечно-сосудистой системы человека. Наблюдения производились на коренных жителях Севера РФ. Методами теории хаоса-самоорганизации показаны различия в параметрах квазиаттракторов для коренных жителей Севера РФ. Произведено сравнение с результатами классической статистики.*

**Ключевые слова:** квазиаттрактор, вариабельность сердечного ритма, вектор состояния системы.

#### **Введение**

Динамика численности народов ханты и манси в Югре создает определенное социальное беспокойство на отдаленную перспективу. Особенно неблагоприятный прогноз идет по продолжительности жизни и кривой смертности мужского населения не только представителей коренных народов Югры, но даже пришлого мужского населения. Более того, бытует мнение, что цивилизация, сделав доступными негативные «блага» (курение, употребление алкоголя, изменение привычного рациона пищи и т.д.), резко усугубила эту негативную картину именно для коренного населения обского Севера России. Это негативно сказывается на геронтологических прогнозах для мужского и женского коренного населения Югры. Очевидно, что подобные проблемы имеются у всех представителей [1-3].

Не менее важной проблемой старения коренного населения Югры является биологический потенциал долголетия народов ханты и манси. Иными словами, может ли длительная адаптация к особым северным условиям к изменению общей продолжительности жизни на Севере России? Эта проблема имеет общебиологическое и экологическое значение для жизни всех северных народов Мира, а в аспекте возможностей глобального похолодания (как альтернативы глобальному потеплению) эта проблема приобретает и общемировое значение (она актуальна для всего населения Земли). Таким образом и проблема снижения качества жизни коренного населения

Севера РФ за счет урбанизации, и проблема возможных генетических изменений под действием особых условий Севера определяет важную общую биомедицинскую проблему долголетия жителей Северных территорий и многих других северных стран мира.

Известно, что в условиях урбанизированного севера патология КРС представляет реальную угрозу повышения смертности именно мужского пришлого населения [1-5]. Поэтому, в настоящем сообщении изучаются возрастные аспекты поведения *сердечно-сосудистой системы* (ССС) коренных народов Севера России с позиций *теории хаоса-самоорганизации* – ТХС. В частности, рассматриваются возможности использования параметров *квазиаттракторов* (КА) в поведении компонент вектора состояния СССР в *фазовом пространстве состояний* (ФПС), для оценки возрастных аспектов поведения СССР. Разрабатываются новые методы в оценке прогнозов долголетия и сравнительной оценки качества и продолжительности жизни мужского и женского населения является одной из важных задач экологии человека на Севере и геронтологии [6-8].

**Объект и методы исследования:** методами электрокардиографии и вариационной пульсографии было обследовано 192 человека – представителей народа ханты трех возрастных групп: 1-я группа – 20-35 лет; 2-я группа – 35-55 лет; 3-я группа – 55-102 года. Использовались автоматизированные комплексы «Кадиовизор» и Элокс-

01 М. Для обработки данных применялись традиционные статистические методы и методы ТХС, которые обеспечили расчет параметров квазиаттракторов поведения вектора состояния системы (ВСС) в ФПС. Для этих целей динамика кардиоинтервалов быстрым преобразованием Фурье представлялась в виде амплитудно-частотной развертки и строились фазовые плоскости, где в качестве функции  $x_1=x_1(t)$  использовались сами кардиоинтервалы (как функции времени  $t$ ), а вторая фазовая координата  $x_2=x_2(t)=dx_1/dt$  являлась скоростью изменения  $x_1(t)$ [1,2].

**Результаты исследования.** Научная школа Сургутского государственного университета выделяет класс сложных биологических динамических систем (БДС), к которым относятся и все функциональные системы организма (ФСО) человека, как системы третьего типа (СТТ) с особыми пятью свойствами и 13-ю отличиями от обычных систем, изучаемых в традиционном детерминистско-стохастическом подходе (ДСП). В рамках разрабатываемой нами ТХС [9-10] такие СТТ имеют компартментно-кластерное строение и особое свойство – мерцание. Это последнее свойство удовлетворяет второму постулату ТХС: конкретное значение ВСС в ФПС не имеет информационного значения (точка в ФПС не дает информации о состояниях БДС). В этом случае необходимо наблюдать ВСС за некоторый период времени  $T$  и определять области в ФПС, в пределах которых ВСС движется в ФПС. Эти области мы определяем как квазиаттракторы – КА, а их параметры имеют информационное значение (их объем  $V_G$  и координаты их центра, а также положение этих КА для группы обследуемых по отношению к другой группе обследуемых) [2-4,11-15].

Таким образом, в ТХС мы можем определять параметры КА как для отдельных испытуемых, так и их групп и сравнивать их хаотическую динамику во времени или в ФПС. Поскольку, в рамках ТХС система регуляции кардиоритма на любом отрезке времени  $T_1$  не может повторять динамику кардиосокращений на любом другом отрезке  $T_2$  ( $T_1=T_2$ ) (любой отрезок, состоящий из

кардиоинтервалов невоспроизводим и неповторим в принципе), то мы рассматривали кардиоритмы, как особый хаотический процесс (однако к ним нельзя применять экспоненты Ляпунова и автокорреляционные функции) и для него строили фазовые плоскости с ВСС, которые описывали особенности регуляции кардиоинтервалов  $x=x(t)=(x_1, x_2)^T$ , где  $x_1=x_1(t)$  параметры кардиоинтервалов как функции времени (получаются в результате анализа электрокардиограмм и пульсографии), а  $x_2=x_2(t)=dx_1/dt$  рассчитывает ЭВМ и строит фазовые плоскости с КА, которые имеют вид рис. 1-С. В результате анализа КА различных возрастных групп были выявлены особенности хаотической динамики кардиоритма у возрастных групп: 20-35 лет; 35-55 лет; 55-102 года.

### **1. Особенности хаотической динамики кардиоритма у первой (20-35 лет) и второй (35-55 лет) возрастных группах.**

Исследование коренного населения Северных территорий РФ показало доминирование парасимпатического (ПАР) отдела вегетативной нервной системы над симпатическим (СИМ) отделом вегетативной нервной системы таблица 1. На Рис.1 представлены результаты исследования ССС испытуемых из двух групп на основе данных, полученных методом пульсоинтервалографии. Из рис.1 видно, что ССС испытуемых 1-й и 2-й группы демонстрирует довольно высокую вариабельность, что характерно практически для любого здорового (без явных патологий) человека. Подобная картина справедлива для большинства населения нашей планеты. Необходимо отметить что, у коренного населения ХМАО – Югры у подавляющего большинства (> 80%) испытуемых 2 группы на амплитудно-частотной характеристике видно, что амплитуды колебаний на низких частотах доминируют, а разброс частот сокращается. Это свидетельствует о снижении вариабельности сердечного ритма (ВСР) в среднем возрасте. Качественно хаотическую динамику работы ССС представителей 1-й и 2-й группы можно увидеть на фазовой плоскости (рис. 1-С), в виде количествен-

ных характеристик КА  $V_G$  (КА) (значения площадей КА) в таблице 2.

Средние величины параметров всего ВСС (ФПС имеет размерность = 7) характеризующие состояние кардиореспираторной системы, приведены в табл. 1. Подобные данные характерны для 1-й и 2-й группы испытуемых. Следует обратить внимание на значение *индекса напряженности* (ИБ) (по Р.М. Баевскому), характеризующего состояние адаптационной реакции организма в целом. Для 1-й и 2-й группы испытуемых ИБ обычно не превышает 80 ед.

Таблица 1

Статистические показатели состояния сердечно-сосудистой системы испытуемых из первой и второй возрастных групп по результатам пульсоинтервалографии.

	NN	SpO2	СИМ	ПАР	SDNN	HRV	ИБ
Испытуемая R1	665	99	4	8	36	7,0	57
Испытуемая R2	871	97	4	15	43	7,3	35

Для статистической оценки параметров хаоса в регистрируемых сигналах в качестве сравнения с ТХС рассчитывалась энтропия Шеннона. На рис.2 представлены гистограммы распределений значений кардиоинтервалов сформированные при расчете значений энтропии (значения энтропии и площади КА см. табл. 2).

Таблица 2

Значения энтропии Шеннона и площадей квазиаттракторов испытуемых из первой и второй возрастных групп.

	испытуемая R1 (25 лет)	Испытуемая R2 (48 лет)
Площадь КА $V_G$ (y.e.)	83600	72800
Энтропия Шеннона $Ssh$	3.4281	3.6892

Из табл. 2 видно, что оценки параметров хаоса (и, как следствие, ВСР) по Шеннону и в рамках ТХС имеют разные величины. Большему значению площади квазиаттрактора  $V_G$  соответствует меньшее значение энтропии  $Ssh$ .

### 1. Особенности хаотической динамики кардиоритма у третьей возрастной группы (55-102 г.).

Наиболее интересные результаты были получены при исследовании 3-й возрастной группы, и особенно представителей коренного населения Северных территорий РФ в возрасте от 70 лет и старше. Бытует мнение, что коренное население Северных регионов обладает крайне низкой продолжительностью жизни, но при проведении исследования была выявлена достаточно большая группа испытуемых в возрасте от 55 лет и старше, кроме того обнаружены истинные долгожители > 100 лет. Примеры обработки данных испытуемых из 3-й возрастной группы представлены ниже на рис.3 (I испытуемая – 102г.; II испытуемая – 72г.). Из рис.1 и рис.3 видно, что ритмограммы испытуемых третьей возрастной группы существенно отличаются от ритмограмм испытуемых из первой и второй возрастных групп.

Для старшей возрастной группы (55-102 г.) из рис.3 видно, что ССС испытуемых 3-й группы обладает очень низкой вариабельностью сердечного ритма, что является маркером долгожительства (и не только у народов ханты). Фактически, ритмограммы (рис.1.-А) выстраиваются в порядке убывания, поэтому, можно говорить о том, что сердце работает в крайне упорядоченном режиме (временные интервалы между ударами сердца практически одинаковые). Амплитудно-частотные характеристики демонстрируют значения амплитуд сигнала (по сравнению с испытуемыми 1-й и 2-й группы) на всем частотном диапазоне. В некоторых случаях наблюдается проявление высокочастотных составляющих сигнала (рис.3 –II–В). Фазовый портрет испытуемых 3-й группы сжимается в точку, что в рамках ТХС свидетельствует о крайне низкой вариабельности сердечного ритма, в табл. 4 представлены значения площади КА –  $V_G$ .

Средние величины параметров, характеризующих состояние кардиореспираторной системы, приведены в табл. 3. В отличие от представителей 1-й и 2-й группы, у испытуемых 3-й группы домини-

рует симпатический отдел вегетативной нервной системы (таблица 3, параметры СИМ и ПАР), что свидетельствует о высокой напряженности состояния организма, в свою очередь значение ИБ также имеет крайне высокое значение, превышающее показатели хорошо физически тренированных людей (80-140 ед.).

Таблица 3

Статистические показатели состояния сердечно-сосудистой системы испытуемых из третьей возрастной группы по результатам пульсоинтервалографии.

	NN	SpO2	СИМ	ПАР	SDNN	HRV	ИБ
Испытуемая R4	839	95	19	0	14	3,7	240
Испытуемая R3	617	97	23	1	14	3,4	322

Как и для первых двух групп испытуемых для 3-й группы была рассчитана статистическая оценка – энтропия Шеннона, на Рис.4 представлены гистограммы распределений значений кардиоинтервалов сформированные при расчете значений энтропии.

Таблица 4

Значения энтропии Шеннона и площадей квазиаттракторов испытуемых из третьей возрастной группы.

	испытуемая R4 (102г.)	испытуемая R3 (72г.)
Площадь $V_G$ (y.e.)	5400	8100
Энтропия Шеннона $Ssh$	1.9589	2.0256

При одинаковых параметрах расчета энтропии и построения гистограмм наблюдается существенная дискретность распределения кардиоинтервалов. Рассчитанные значения энтропии Шеннона представлены в табл. 4.

Из табл. 4 видно, что и статистическая оценка и оценка в рамках ТХС находятся на очень низком уровне и согласуются в полной мере.

### Заключение

Исследования хаотической динамики параметров ССС коренного население Се-

верных территорий РФ позволяет выдать прогноз на долгожительство. Во первых – возникает возможность определения биологического потенциала долгожительства, во вторых – выявления отличительных особенностей параметров ССС коренных жителей и пришлого населения. В третьих – выявить механизмы регуляции ФСО человека в неблагоприятных климатических условиях, особенно в свете повышения уровня климатической нестабильности [1-4].

В результате проведенных исследований показано, что испытуемые в возрасте до 55 лет обладают достаточно высоким уровнем variability сердечного ритма, который характерен для любого человека находящегося в нормогенезе и характеризуется большим объемом квазиаттрактора. У всех испытуемых до 55 лет выявлено доминирование ПАР. После 55 лет картина резко меняется, уровень variability на основе оценки методами ТХС сокращается на порядок (в 10 раз и более). Кроме того, показано, что в старшей возрастной группе по параметрам ССС доминирует СИМ и высокие значения ИБ. Необходимо отметить, что дополнительные аппаратные исследования испытуемых 3-й возрастной группы (при условии отсутствия выраженных патологий) демонстрировали показатели соответствующие здоровым молодым людям. Исследования параметров квазиаттракторов ССС характеризуют состояние здоровья испытуемых в 3-й возрастной группе и являются эффективными в прогнозе долгожительства. Если в молодые годы увеличенные значения объемов КА – норма, то в старшем – это весьма тревожный диагностический признак.

### Литература

1. Вохмина Ю.В., Гавриленко Т.В., Зимин М.И., Балтикова А.А., Берестин Д.К. Модели сложных систем с позиций физики и теории хаоса-самоорганизации. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – №1 – С.51-59.
2. Гавриленко Т.В., Балтикова А.А., Дегтярев Д.А. и др. Хаотическая динамика произвольных движений конечности человека в 4-мерном фазовом простран-

- стве. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2012. – №1 – С.86-94.
3. Еськов В.М., Буров И.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А. Основы биоинформационного анализа динамики микрохаотического поведения биосистем. // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т.19, №1 – С.15-18.
  4. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Гудков А.В. и др. Философско-биофизическая интерпретация жизни в рамках третьей парадигмы. // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т.19, №1 – С.38-41.
  5. Еськов В.М., Буров И.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А. Основы биоинформационного анализа динамики микрохаотического поведения биосистем. // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т.19, №1 – С.15-18.
  6. Еськов В.М., Гавриленко Т.В., Дегтярев Д.А., Еськов В.В., Балтикова А.А. Динамика квазиаттракторов параметров произвольных микродвижений конечностей человека как реакция на локальные термические воздействия. // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т.19, № 4 – С. 26-29.
  7. Еськов В.М., Бурый Ю.Г., Вохмина Ю.В., Нехайчик С.В., Романова Ю.В. Произвольность и непроизвольность в организации теппинга с позиций теории хаоса-самоорганизации. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – №1 – С.60-67.
  8. Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Химикова О.И., Романова Ю.В. Метод матриц межаттракторных расстояний в идентификации психофизиологических функций человека // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2012. – №1 – С.20-24.
  9. Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатова Д.Ю. Неопределенность и непредсказуемость – базовые свойства систем в биомедицине. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – №1 – С.68-83.
  10. Churchland M.M., Cunningham J.P., Kaufman M.T. and others. Neural population dynamics during reaching // Nature. 2012. – v.487, P.51-56.
  11. Valery M. Eskov, Alexander A. Khadartsev, Valery V. Eskov, Olga E. Filatova, Diana U. Filatova. Chaotic approach in biomedicine: Individualized medical treatment // Journal of Biomedical Science and Engineering. Vol. 6. 2013. P. 847-853.
  12. Valery M. Eskov, Valery V. Eskov, Olga E. Filatova, Michael A. Filatov. Two types of systems and three types of paradigms in systems philosophy and system science // Journal of Biomedical Science and Engineering. Vol. 5. N. 10. 2012. P. 602-607.
  13. V. M. Eskov, T. V. Gavrilenko, V. V. Kozlova, M. A. Filatov. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems // Measurement Techniques. Vol. 55. N. 9. 2012. P. 1096-1102.
  14. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E. Characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states // Measurement Techniques (Medical and Biological Measurements). 2011. – v. 53 (12), p. 1404-1410.
  15. Eskov V.M., Kulaev S.V., Popov Yu.M. Filatova O.E. Computer technologies in stability measurements on stationary states in dynamic biological systems // Measurement Techniques (Medical and Biological Measurements). 2006. – v. 49 (1), p. 59-65.

#### **LIFE EXPECTANCY PREDICTION OF KHANTY PEOPLE ACCORDING TO CHAOTIC DYNAMICS OF THEIR CARDIO SYSTEM PARAMETERS**

*Gavrilenko T.V., Khadartsev A.A.,  
Degtyarev D.A., Sokolova A.A.  
Surgut State University, Surgut*

#### **Abstract**

*We investigated the behavior of the human cardio-vascular system vector by applying methods of chaos-self organization theory and methods of classical statistics. In the study we have been observing Khantys, indigenous peoples of northern Russia. Using the methods of chaos-self organization theory we showed*

*the differences in the parameters of quasi-attractors of human cardio-vascular system vector of the people of Khanty. We compared obtained results with results calculated through classical statistics.*

**Key words:** *quasi-attractor, heart rate variability, system state vector.*

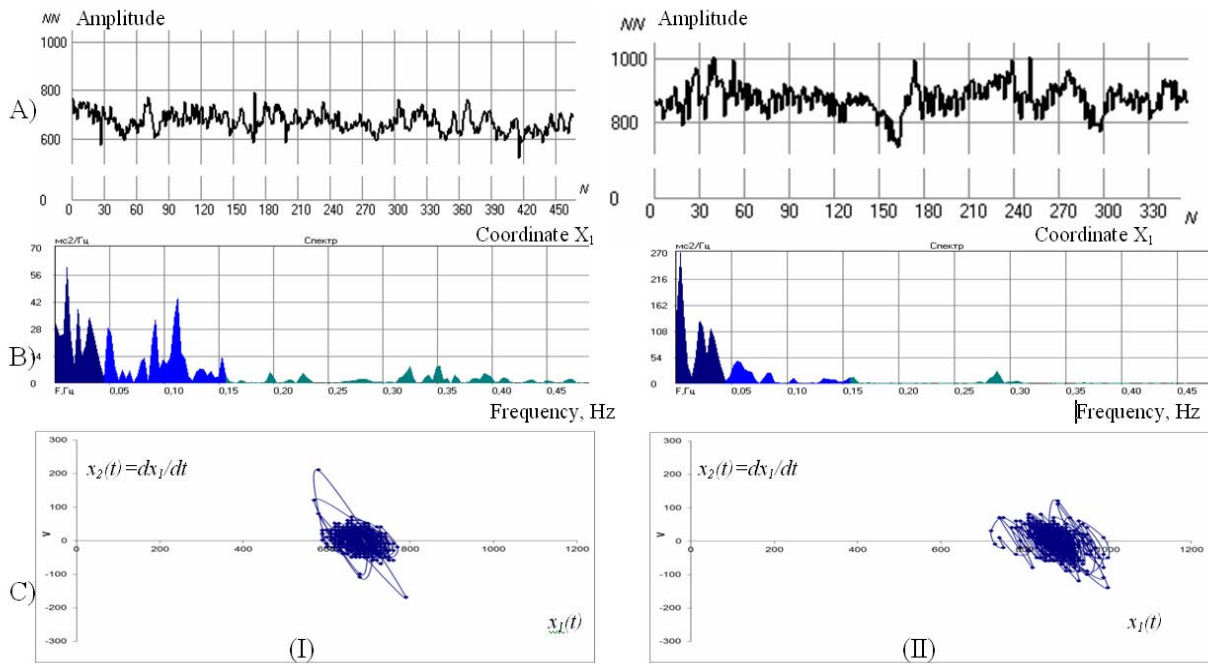


Рис. 1. Зависимость кардиоинтервалов  $x_1 = x_1(t)$  по данным пульсоинтервалографии – А, амплитудно-частотная характеристика этих же сигналов  $x_1(t)$  – В, фазовый портрет сигнала  $x_1$  на плоскости с координатами  $x_1, x_2 = dx_1/dt$  – С (для испытуемых 2-х возрастных групп): (I) испытуемая R1, возраст на момент обследования – 25 лет; (II) испытуемая R2, возраст на момент обследования – 48 лет.

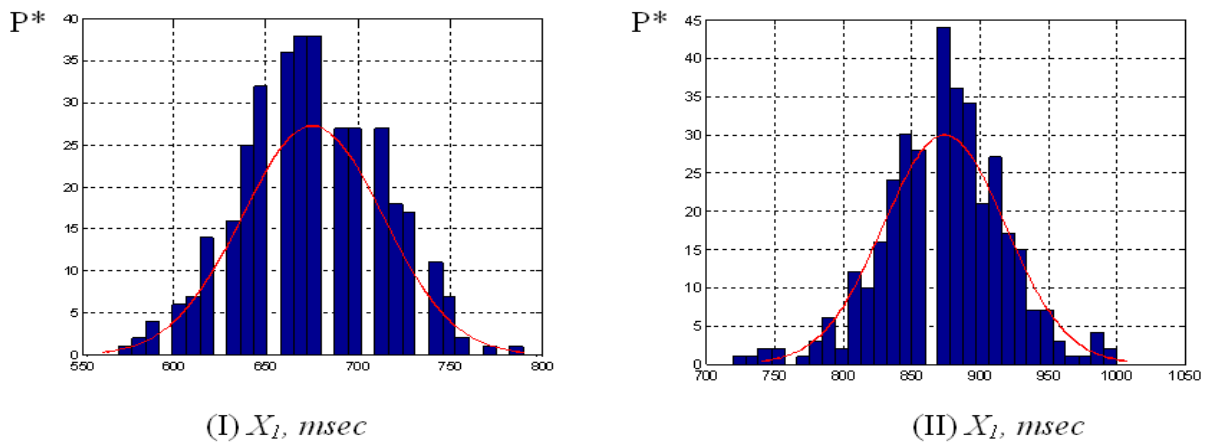


Рис. 2. Распределение значений кардиоинтервалов при расчете энтропии Шеннона: I) испытуемая R1, возраст на момент обследования – 25 лет; II) испытуемая R2, возраст на момент обследования – 48 лет.

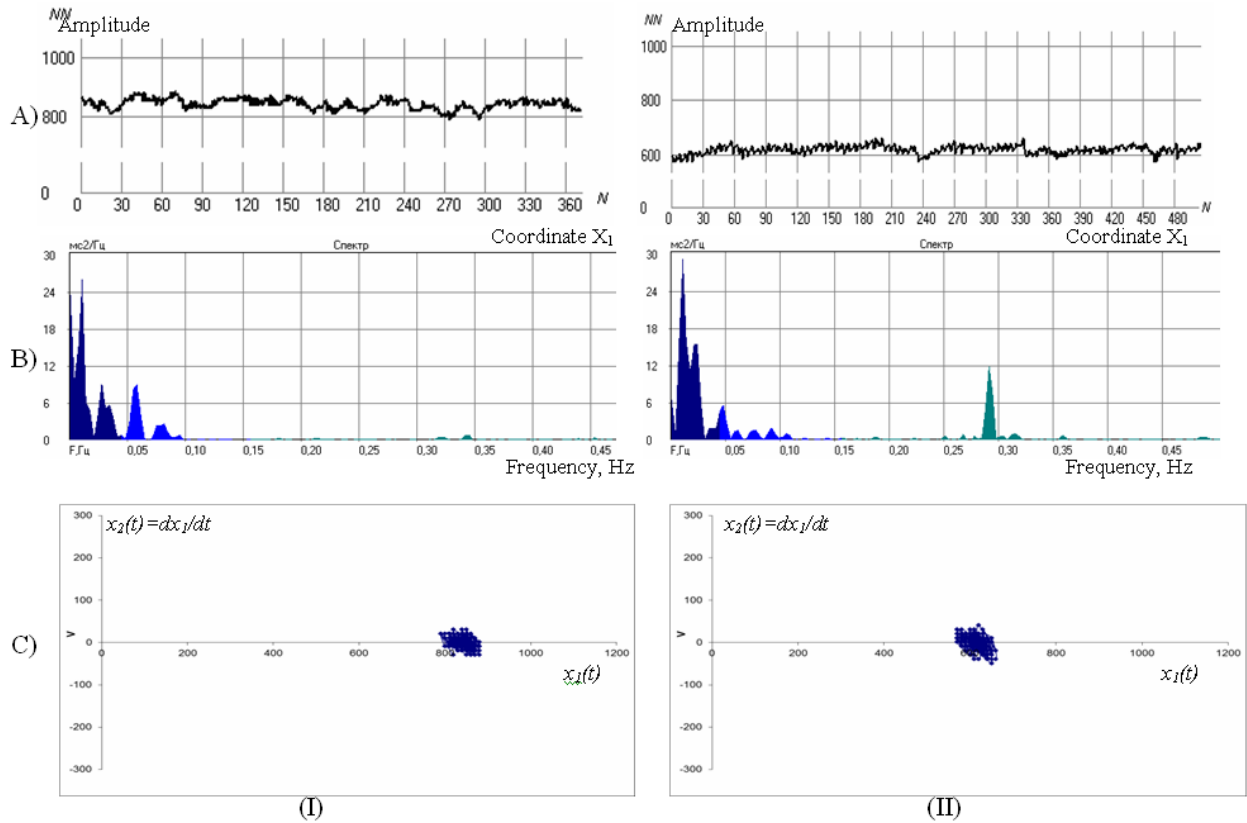


Рис.3. Зависимость кардиоинтервалов  $x_1=x_1(t)$  по данным пульсоинтервалографии – А, амплитудно-частотная характеристика сигнала  $x_1(t)$  – В, фазовый портрет сигнала на плоскости с координатами  $x_1, x_2=dx_1/dt$  – С, для испытуемых 3-й возрастной группы: I) испытуемая R4, возраст на момент обследования – 102 г.; II) испытуемая R3, возраст на момент обследования – 72 г.

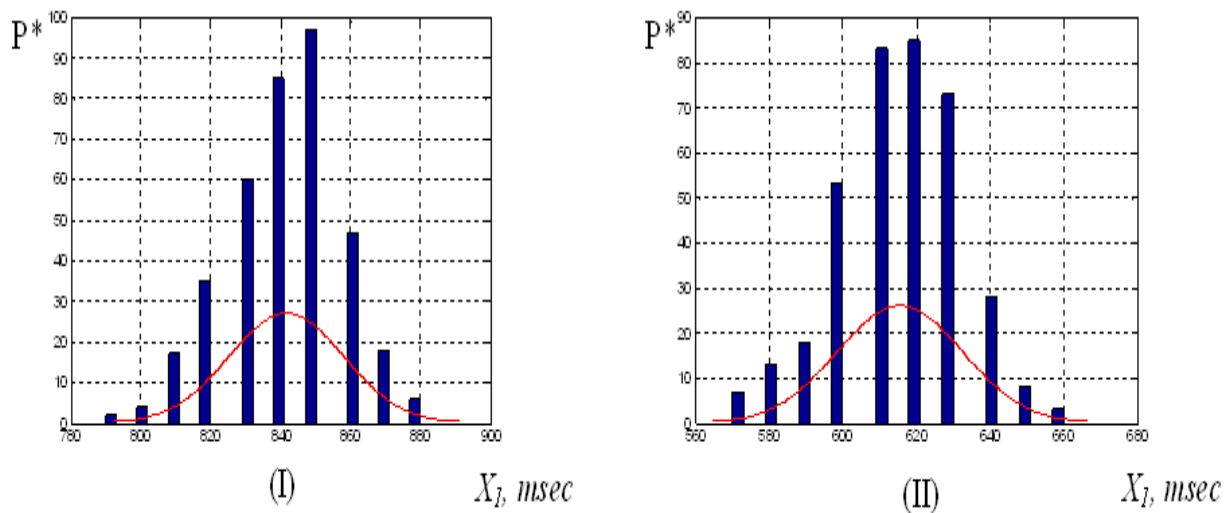


Рис.4. Распределение значений кардиоинтервалов при расчете энтропии Шеннона для испытуемых 3-й возрастной группы: I) испытуемая R4, возраст на момент обследования – 102г.; II) испытуемая R3, возраст на момент обследования – 72г.