

ХАОТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА МЕТЕОФАКТОРОВ В УСЛОВИЯХ АЗИАТСКОГО СЕВЕРА РФ (на примере ХМАО-ЮГРЫ)

Русак С.Н.¹, Козутица Г.С.², Буров И.Г.¹, Митющенко Н.А.¹

¹ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет ХМАО – Югры»
²ГОУ ВПО «Самарский государственный университет путей сообщения»

В работе представлена оценка динамики метеорологических факторов среды в фазовом пространстве состояний в рамках теории хаоса и самоорганизации и ее взаимосвязь с показателями первичной обращаемости пациентов по климато-чувствительным заболеваниям населения на примере г. Сургута. Выявлено, что частота обращений населения по климато-чувствительным болезням имели тесную положительную взаимосвязь с величиной объемов квазиаттракторов поведения метеопараметров в годовой динамике.

Ключевые слова: метеофактор, хаотические квазиаттрактор, климато-чувствительные заболевания.

Введение

Проблема изучения закономерностей изменения климата была и остается одной из важнейших и трудноразрешимых. В течение последних десятилетий вызывает беспокойство беспрецедентно высокая скорость глобального потепления и изменения климата. Установлено, что хозяйственная деятельность человека оказывает заметное влияние на климат. Эти изменения климата многообразны и проявляются в изменении частоты и интенсивности климатических аномалий и экстремальных погодных явлений. Ожидаемые изменения климата неизбежно отразятся на жизни людей во всех регионах планеты, а в некоторых из них станут ощутимой угрозой для благополучия населения. Не вызывает сомнений то, что процесс глобального изменения климата уже в настоящее время привел к серьезному потеплению в высокоширотных районах России [1-3].

В последние годы изменение климата рассматривается как один из ведущих факторов, оказывающих влияние на здоровье населения. Происходит как прямое влияние за счет увеличения числа дней с аномально высокими и/или низкими температурами, так и косвенное, опосредованное влиянием экологических или социально-экономических факторов [4-6]. Погодно-климатические условия продолжают оставаться среди факторов окружающей среды, во многом определяющих условия проживания, образ занятий и комфортность существования человека на протяжении всей его

жизни. Особенно велико значение погоды и климата для здоровья: по оценкам некоторых ученых вклад погодно-климатических особенностей в состояние здоровья человека (на фоне образа жизни — 50%, генетики 20%, уровня здравоохранения 10%) составляет около 20% [4].

В территориальном аспекте проявление климатических изменений неоднородно. Однако, в условиях Севера и неблагоприятных техногенных воздействий долевой вклад погодно-климатических факторов может повышаться до 30-40 % [4, 6]. Считается, что Север характеризуется своеобразием клинического течения и патологических проявлений болезней, которые встречаются и за пределами северных территорий. Типичными для Севера являются разные формы патологий, вызываемых холодом (40% всех заболеваний приезжего населения). Это болезни верхних дыхательных путей, бронхиты, пневмония, миозиты, тонзиллиты, грипп, ангина, невралгия. Специфична для Севера и холодовая болезнь. Она представляет собой глубокие нарушения ЦНС и периферической НС и связана не только с холодом, но и с характерной для Севера погодной ситуацией – низкой температурой воздуха в сочетании с сильным ветром и высокой влажностью. Холодовая болезнь сопровождается гипоксией, дыхательной и сердечно-сосудистой недостаточностью, отеком мозга и лёгких. Высокая миграционная подвижность и трансширотные перемещения, резкие смены погодных условий, как се-

зонных, так и суточных перепадов, оказывают негативное влияние на функциональные системы организма (ФСО) человека, особенно мигрантов, обуславливают рост напряженности адаптационных механизмов, приводят к росту заболеваемости населения и существенно повышают биосоциальную стоимость адаптации к погодноклиматическим условиям Севера [1, 3].

Беспрецедентно возросшее за последнее время внимание к проблемам климата, безусловно, стимулировало развитие как чисто научных, так и прикладных разработок, что обеспечило достижение значительного прогресса в понимании причин современных изменений климата, их закономерностей, а также в обосновании сценариев возможных изменений климата в будущем. Изменения погодноклиматических параметров в настоящее время рассматривают как один из высоких факторов риска – как для здоровья человека, так и для окружающей среды.

Атмосферные и погодноклиматические изменения (модели) относятся, как правило, к классу нелинейных диссипативных систем. Такие системы обычно обладают глобальными аттракторами, т.е. компактными инвариантными притягивающими множествами, которые и являются носителями хаоса в этих системах [9-11]. Факт наличия хаоса, порожденного внутренней динамикой системы, определяет не единственное состояние климата, отвечающее определенному набору внешних факторов. В этом случае его надежная оценка могла бы быть сделана путем осреднения отдельных траекторий, проходимых климатической системой, при некотором неизменном наборе внешних факторов. Однако это условие реализовано быть не может - история климата представляет собой всего лишь одну из возможного набора таких траекторий, и определение средних характеристик требует выполнения гипотезы об эргодичности поведения системы на аттракторе.

В последнее время наблюдаемые периоды длительной стабильности аномальной температуры со значительными ее изменениями в конце периода, заставляют предположить, что подобный характер ди-

намики связан с определенной причинностью, т.е. имеет детерминированный характер, в то время как в целом температурная кривая хаотична. Высокая заболеваемость отмечается преимущественно в районах, где климат характеризуется сочетанием высокой влажности с высокой или низкой температурой воздуха и контрастной сменной погодой. Основными факторами риска, связанными с климатическими изменениями, считаются высокие температуры, экстремальные погодные явления, распространение инфекционных заболеваний, нарушения питания и пр. В качестве одного из приоритетных факторов климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности населения Российской Федерации, рассматриваются «волны» жары и холода [7].

В работах, посвященных анализу погодноклиматических временных рядов методами нелинейной динамики, показано, что для временных рядов некоторых климатических характеристик (температура, атмосферное давление, влажность и скорость ветра и др.) могут быть найдены аттракторы низкой размерности [9–12].

Несмотря на большое число исследований по оценке влияния окружающей среды на условия проживания, качество экосреды и здоровье населения, опубликованных в разные годы, методические подходы для учета и оценки характера самих климатозоологических параметров до сих пор остаются немногочисленными и дискуссионными [8, 9]. Поэтому, создание методов и эффективных программ ЭВМ для идентификации параметров порядка биологической динамической системы (БДС) является актуальной и необходимой задачей.

Именно, в связи с важностью решения этой проблемы, в НИИ БМК разработаны как новые методы исследования, так и методы обработки получаемой информации с помощью различных математических моделей на базе метода многомерных фазовых пространств. Характер и поведение климатической системы, как природной хаотической системы, протекает в рамках аттракторов состояний. Использование метода идентификации параметров аттракто-

ров с позиции теории хаоса и синергетики (ТХС) для оценки климатических показателей ХМАО-Югры, выполненная нами ранее [10], позволила установить хаотический характер динамики этих показателей, влияющих на здоровье населения.

Объект и методы исследования

Объектом изучения являлись: погодноклиматические условия г. Сургут, как представителя территории азиатского района Севера РФ. Информационной основой послужили фактические материалы наблюдений метеорологических показателей (температура, атмосферное давление и влажность атмосферного воздуха) за период 1991-2010 гг., а также данные первичной обращаемости взрослого населения г. Сургута (статистические данные поликлиники МУЗ КГБ №1) по климато-чувствительным заболеваниям в динамике 2010 г. Всего было проанализировано 107 622 случаев обращений по разным видам заболеваний, включая первичную обращаемость взрослого населения г. Сургута с установлением диагноза, а также профилактические осмотры и повторные наблюдения по установленным диагнозам. Необходимо отметить, что возраст пациентов варьировал от 19 до 96 лет. Алгоритм идентификации параметров квазиаттракторов в фазовом пространстве состояний с использованием компьютерных программ позволил оценить величину параметров квазиаттракторов, характер динамики метеорологических показателей, а также выделить параметры порядка при сравнении кластеров данных, провести ранжирование этих признаков и оценить степень влияния погодноклиматических факторов методом фазовых пространств состояний.

Результаты исследований и их обсуждение

Исследование динамики долгосрочных тенденций изменения распределений *среднесуточных* температур для каждого зимнего и летнего месяца путем вычисления на уровне 95-й % перцентиля летнего периода и 5-й % перцентиля, соответственно для зимнего периода, выявили общие тенденции потепления, причем особенно характерно это выражено для *зимнего пе-*

риода, отмечен однонаправленный «дрейф» распределения в сторону повышения среднесуточной температуры для четырех кластеров данных (периоды наблюдений) (табл.1), что вполне согласуется с современными прогнозными оценками тенденций потепления в Западной Сибири (Б.А. Ревич, В.В. Малеев, 2011). Существенно, что отмечаются общие тенденции потепления, причем особенно характерно это выражено для зимнего периода.

Метод ФПС позволил идентифицировать параметры квазиаттракторов метео-состояний, в трехмерном фазовом пространстве (в координатах - T, P, R), путем расчета их объемов (V_{ij}), коэффициентов асимметрии (rX) и оценить межаттракторные различия (z_{ij}) путем построения матриц кластеров данных – комбинаций вектора состояния метеопараметров для различных сезонов в долгосрочной динамике и установить хаотический характер поведения динамической системы погодноклиматических факторов в целом. Так, величина объема суммарных квазиаттракторов метеопараметров среды в разные сезоны года за период 1991-2010 гг. значительно варьировала: в январе изменялась в пределах: $V_{ij} = 0,40 \cdot 10^4 \div 3,39 \cdot 10^4$; в апреле $V_{ij} = 0,82 \cdot 10^4 \div 7,72 \cdot 10^4$; в июле $V_{ij} = 0,24 \cdot 10^4 \div 2,88 \cdot 10^4$; а в октябре этот показатель имел диапазон колебаний $V_{ij} = 0,67 \cdot 10^4 \div 2,73 \cdot 10^4$.

Регистрируемые в последнее время периоды длительной стабильности аномальной температуры со значительными ее изменениями в конце периода, (например, лето 2010 г.), позволяют предположить, что подобный характер динамики связан с определенной причинностью, т.е. имеет детерминированный характер, в то время как в целом температурная кривая хаотична (рис.1).

Если поведение системы предельно стохастично, фазовая траектория равномерно занимает объем фазового пространства. В случае детерминированного хаоса траектория заполняет некоторую ограниченную область фазового пространства, что иллюстрируют портреты квазиаттракторов метеопараметров для разных периодов изу-

чения в условиях территории г. Сургута (рис. 2).

К наиболее распространенным нозологиям, относящимся к климато-чувствительным заболеваниям населения, принадлежат болезни органов дыхания, кровообращения, болезни эндокринной системы и др. [5]. Наличие сезонной составляющей в картине распределения обращений населения г. Сургута по поводу климато-чувствительных заболеваний вполне согласуется с климатоэкологическими и погодными условиями северной территории, которые отличаются высокими контрастами – резкой сменой и высокой скоростью изменения атмосферного давления и температуры при высокой влажности окружающего воздуха [10, 11]. Оценка влияния метеофакторов на частоту обращений по поводу климато-чувствительных заболеваний у пациентов в зимний период путем выявления статистически значимых связей позволили установить, что абсолютное значение отдельных метеопараметров (величина температуры, влажности, атмосферного давления или парциального давления кислорода) не являются решающим фактором, провоцирующим обострение. Значительно большую роль, играли сочетания неблагоприятных метеоусловий, а также их колебания в течение суток или декады. Так было установлено, что сочетание больших (как средних так и максимальных) суточных и декадных амплитуд температуры ($\Delta T_{\text{сред}} = 7,8 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta T_{\text{макс}} = 22,7^\circ\text{C}$), атмосферного давления ($\Delta P_{\text{сред}} = 5,4 \text{ мм рт ст}$; $\Delta P_{\text{макс}} = 25,7 \text{ мм рт ст}$) и парциального давления кислорода в воздухе ($\Delta O_{2\text{сред}} = 12,2 \text{ г/м}^3$; $\Delta O_{2\text{макс}} = 27,0 \text{ г/м}^3$), а также показателей относительной влажности атмосферного воздуха ($\Delta R_{\text{сред}} = 13,3\%$; $\Delta R_{\text{макс}} = 26,4\%$) иллюстрировали статически достоверные положительные связи с увеличением количества пациентов.

Анализ данных случаев обращений населения г. Сургута по климатообусловленным заболеваниям и их взаимосвязь с показателями изменчивости метеорологических параметров по величине объемов квазиаттракторов (табл. 2), которые они описывают в 3-мерном ФПС, показал положитель-

ную взаимосвязь. Например, рассчитанные коэффициенты корреляционной зависимости ($r_{\gamma_{i,j}}$ Спирмена) взаимосвязи размеров объемов квазиаттракторов метеофакторов с показателями обращений населения по поводу климато-чувствительных заболеваний имели высокие положительные значения, что указывает на статистически значимые различия исследуемых параметров ($r_{\gamma_{i,j}} = 0,66$, $p < 0,0202$) и подтверждает существенное влияние метеорологических факторов на частоту обращений по климато-чувствительным заболеваниям населения. При оценке влияния метеорологических факторов на показатели заболеваемости населения и развитие климатообусловленных заболеваний, особенно в условиях северных территорий, необходимо учитывать как внутрисуточные, так и межсуточные амплитуды данных показателей и режим, в котором они воздействуют на организм – особенно параметры их изменчивости.

Риск возникновения климатоэкологических заболеваний взрослого населения, отчасти обусловлен и высокими климато-экологическими контрастами, удельный вес которых в общей картине первичных обращений взрослого населения г. Сургута составил 22,6%.

Сезонная изменчивость погодно-метеорологических факторов, сочетающаяся часто с дефицитом или отсутствием некоторых природных компонентов (световых и УФ-лучей в солнечном спектре, резких колебаний метеофакторов и атмосферной циркуляции в осенне-зимний период), может способствовать сезонным обострениям хронических заболеваний, которые протекают на фоне сезонной функциональной перестройки эндокринной регуляции, высшей нервной деятельности, процессов метаболизма и др.

Заключение

Уровень здоровья любой популяции имеет региональную специфику, которая обусловлена особенностями взаимоотношения человека и окружающей среды. В

решении вопросов медико-экологических проблем Севера в настоящее время основополагающее значение придается оценке степени опасности погодно-климатических факторов. Погодно-климатические изменения в настоящее время рассматриваются как факторы высокого риска в возникновении многих заболеваний человека, особенно это касается мигрантов из южных регионов РФ и ближнего зарубежья [1, 3, 7, 9].

Каждый отдельный регион, имеющий значительные экологические различия, характеризуется «оптимальным экологическим уровнем здоровья» и наличием особенностей компенсаторно-приспособительных реакций систем организма в конкретной экологической ситуации. Исследования, проведенные в условиях Северных территорий и других дискомфортных регионах Сибири показали, что основным измерителем и критерием неблагоприятного влияния климатоэкологических факторов окружающей среды, является состояние здоровья человека. Факторы внешнего воздействия регионального масштаба вызывают «фазовые сдвиги» и квазипериодические колебания в динамике погодно-климатических параметров, которые, в конечном счете, влияют на состояние здоровье населения, проживающего в этих дискомфортных условиях.

Литература

1. Агаджанян Н.А., Нотова С.В. Стресс, физиологические и экологические аспекты адаптации, пути коррекции. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2009. – С.18-57.
2. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е. Особенности измерений и моделирования биосистем в фазовых пространствах состояний // Измерительная техника. – 2010. – №12 – С. 53-57.
3. Пашнин А.С., Ключ И.В., Берестин Д.К., Умаров Э.Д. Компаративно-кластерная теория биосистем. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – №2. – С.57-76.
4. Хаснулин, В.И. Подходы к районированию территории России по условиям

дискомфортности окружающей среды для жизнедеятельности населения /В.И. Хаснулин и др. // Бюллетень СО РАМН №3 (117), Новосибирск: – 2005. – С. 106-111.

5. МР 2.1.10.0057-12. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска: Методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 48 с.
6. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Kozlova V.V., Filatov M.A. Measurement of dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems // Measurement Techniques 2012. – vol. 55 № 9. – p. 1096-1101.
7. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E., Filatov M.A. Two types systems and three of paradigms in systems philosophy and systems science// Journal of Biomedical Science and Engineering. – 2012. – v. 5 № 10. – P 602.
8. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Baltikova A.A., Degtyarev D.A., Pashnin A.S. The comparison of the efficiency of classic stochastic theory and theory of chaos-selforganization (TCS) // Complexity. Mind. Postnonclassic. – 2012. – Vol. 1. – P.81-91.
9. Eskov V. M. et al. Chaotic approach in biomedicine: Individualized medical treatment // J. Biomedical Science and Engineering 6 (2013) 847-853 853 doi:10.4236/jbise.2013.68103
10. Valery M. Eskov et al. Quantitative Registration of the Degree of the Voluntariness and Involuntariness (of the Chaos) in Biomedical Systems. Journal of Analytical Sciences, Methods and Instrumentation, 2013, 3, 67-74 doi:10.4236
11. Third Global Paradigm. <http://www.thirdglobalparadigm.com>

CHAOTIC DYNAMICS OF CLIMATE FACTORS IN THE ASIAN NORTH OF THE RUSSIAN FEDERATION (BY THE EXAMPLE OF *KHMAO-UGRA*)

¹Rusak S.N., ²Kozupitsa,

¹Burov I.G., ¹Mityshenko N.A

¹Surgut State University

²Samara State Unibersity

Abstract

We presented the estimation of dynamics of meteorological and environmental factors in the phase space of states in the theory of chaos and self-organization, and its relationship with the indicators of the primary visits of patients for climate-sensitive diseases of the population in the Surgut. We revealed frequency of visits that indicators of appeals on climate-sensitive diseases had a close positive relationship with the magnitude of the volumes quasi-attractor of meteorological parameters behavior in the annual dynamics.

Keywords: *diseases sensitive to climate, meteofactors, chaotic quasi-attractor.*

Таблица 1

Тенденции изменения многолетних распределений среднесуточных температур в зимние и летние месяцы для г. Сургута.

95-й % про- центиль	Летние месяцы			5-й % про- центиль	Зимние месяцы		
	июнь	июль	август		декабрь	январь	февраль
$T_{95\%}^{1991-1995}$	26,0	27,0	22,7	$T_{5\%}^{1991-1995}$	-37,2	-37,9	-36,0
$T_{95\%}^{1996-2000}$	26,2	27,8	23,0	$T_{5\%}^{1996-2000}$	-36,7	-36,2	-34,9
$T_{95\%}^{2001-2005}$	27,3	28,2	23,9	$T_{5\%}^{2001-2005}$	-35,2	-35,8	-31,0
$T_{95\%}^{2006-2010}$	27,7	28,5	24,5	$T_{5\%}^{2006-2010}$	-34,5	-34,9	-29,6
ΔT_1	↑ 0,2	↑ 0,8	↑ 0,3	ΔT_1	↑ 0,5	↑ 1,7	↑ 1,1
ΔT_2	↑ 1,2	↑ 0,4	↑ 0,9	ΔT_1	↑ 1,5	↑ 0,4	↑ 3,9
ΔT_3	↑ 0,4	↑ 0,3	↑ 0,6	ΔT_2	↑ 1,3	↑ 0,9	↑ 1,4

Примечание: $\Delta T_1 = T_{1996-2000} - T_{1991-1995}$; $\Delta T_2 = T_{2001-2005} - T_{1996-2000}$; $\Delta T_3 = T_{2006-2010} - T_{2001-2005}$.

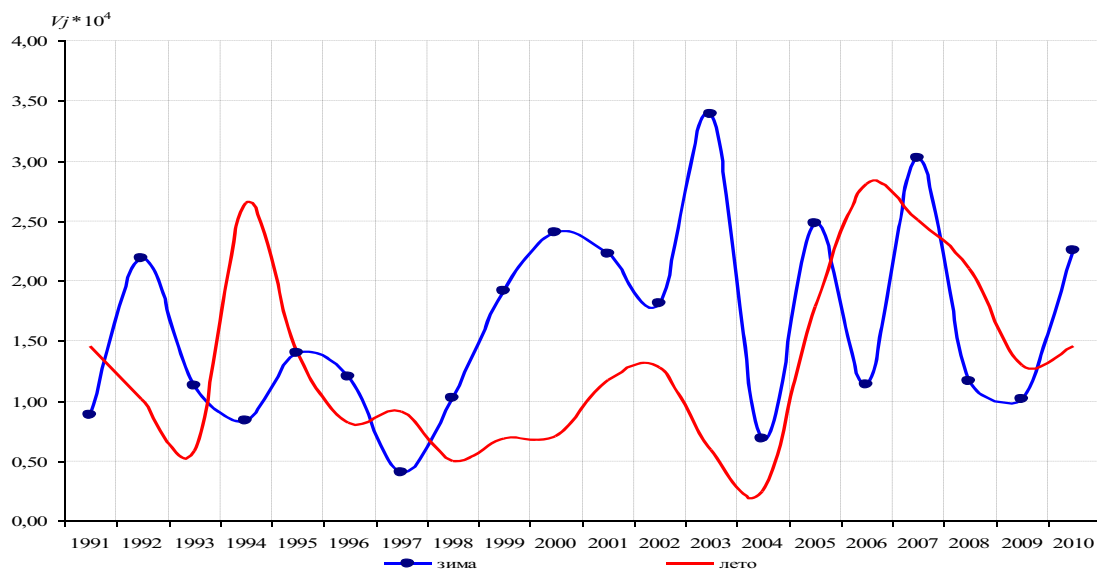


Рис. 1. Иллюстрация хаотичности временного ряда объемов квазиаттрактора в ФПС (в динамике 1991-2010 г.) на примере двух сезонов года для города Сургута (линия с маркером на графике – зимний период)

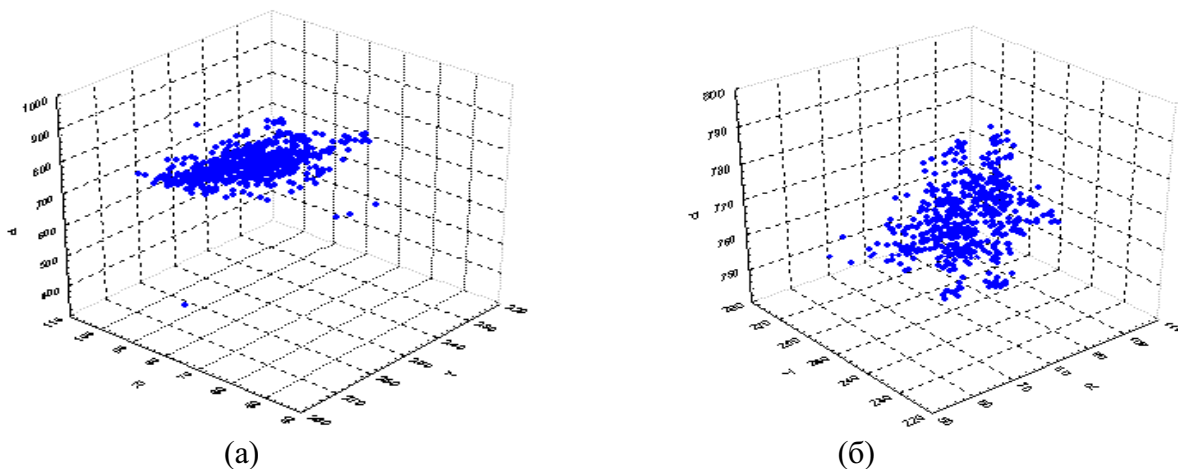


Рис. 2. Портреты суммарных квазиаттракторов в фазовом пространстве (в координатах T , P , R) для января месяца в динамике 1991-1995 гг. (а) и 1996-2010 гг. (б) в условиях г. Сургута

Таблица 2

Параметры объемов V_{ij} (у.е.) квазиаттракторов вектора состояния метеопараметров в динамике 2010 г. в 3 - мерном фазовом пространстве (P,R,T) и показателей квазиаттракторов климаточувствительных заболеваний.

Месяц года											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Объемы, $V_{ij} * 10^3$ (у.е.) в координатах P, V, T											
1,750	1,730	2,790	3,140	1,370	0,840	1,060	0,610	0,690	1,580	2,000	0,750
Объемы, V_{ij} (у.е.) в координатах $J00-J22, J30, J40-J44, J45, I10-I15, I20-I25, I60-I69, I44-I50, E10-E14$ (код заболевания по МКБ-10)											
1746	2125	2770	2776	1798	1685	1537	1484	1734	2563	2879	2450

Примечание: в таблице приведены следующие обозначения: МКБ -10 – международная классификация болезней; $J00-J22$ – острые респираторные инфекции верхних и нижних дыхательных путей, в т.ч. грипп и пневмония; $J30$ – вазомоторный и аллергический ринит; $J40-J44$ – хронические обструктивные болезни легких (ХОБЛ); $J45$ – астма; $I10-I15$ – болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением; $I20-I25$ – ишемическая болезнь сердца (ИБС); $I60-I69$ – нарушения проводимости и сердечного ритма; $I44-I50$ – цереброваскулярные болезни; $E10-E14$ – болезни эндокринной системы (сахарный диабет).

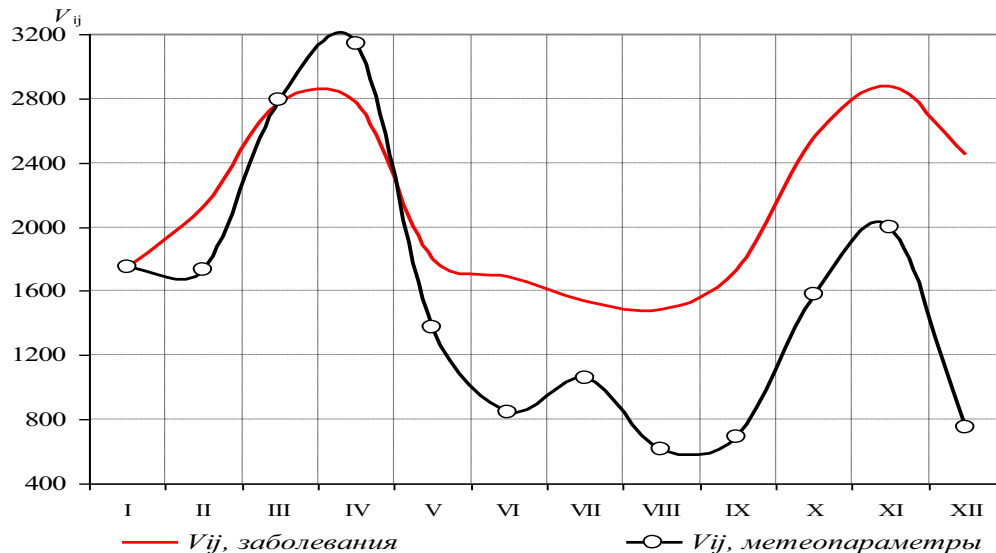


Рис. 3. Иллюстрация хаотичности временного ряда объемов квазиаттрактора в ФПС (в динамике 1991-2010 г.) на примере двух сезонов года для города Сургута (линия с маркером на графике – зимний период).