

va VV, Filatov MA. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems. *Measurement Techniques*. 2012;55(9):1096-101.

9. Eskov VM, Eskov VV, Filatova OE,

Filatov MA. Two types systems and three of paradigms in systems philosophy and systems science. *Journal of Biomedical Science and Engineering*. 2012;5(10):602.

DOI: 10.12737/6720

БИОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АНАЛИЗЕ ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В М-МЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРИЗНАКОВ

С.Н. РУСАК*, Д.И. МОЛЯГОВ**, Л.М. БИКМУХАМЕТОВА*, О.Е. ФИЛАТОВА*

* *Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, пр. Ленина, д. 1, г. Сургут, Россия, 628412*

** *Филиал Центра гигиены и эпидемиологии в ХМАО – Югре г. Сургута и Сургутского района, ул. Рознина, д.72, г.Ханты-Мансийск, ХМАО-Югра, Тюменская обл, 628012*

Аннотация. В работе рассматриваются и обсуждаются результаты авторских исследований характера динамики климатозоологических факторов на примере северной урбанизированной территории ХМАО – Югры (г. Сургута и Сургутского района) в свете теории хаоса – самоорганизации. Установлены особенности (закономерности) динамики поведения временного тренда климатозоологических факторов, как показателей динамической системы, выявлены наиболее информативные составляющие абиотических факторов среды в долговременной динамике.

Ключевые слова: метеофакторы, хаотические квазиаттракторы, фазовые портреты.

BIOINFORMATIONAL TECHNIQUES IN ANALYSIS OF PHASE PORTRATES OF WEATHER AND CLIMATE FACTORS IN M-DIMENSIONAL SPACE OF PARAMETERS

S.N. RUSAK*, D.I. MOLJAGOV**, L.M. BIKMUHAMETOVA*, O.E. FILATOVA*

* *Surgut State University, Lenina, 1, Surgut, Russia, 628412*

** *Branch of Hygiene and Epidemiology Center, st. Roznina, d.72, Khanty-Mansiysk, Khanty-Mansiysk-Yugra, Tyumen region, 628012*

Abstract. In the paper we examine and discuss the results of original research of dynamics of climatic and ecological factors by the example of northern urbanized KMAO – Yugra (Surgut and Surgut district) from the perspective of theory of chaos and self-organization. The peculiarities and laws of the dynamic behavior of a time trend of climate and ecologic factors as indicators of dynamic system are discovered, the most informative components of the abiotic factors in the long-term dynamics are identified.

Keywords: meteofactors, chaotic quasi-attractors, phase portraits.

Введение. В настоящее время вопросы, связанные с изменением глобального климата, стали выходить за рамки научной проблематики и привлекают к себе внима-

ние не только ученых разных отраслей наук, но и широкой общественности, и различных управленческих структур. Это связано с тем, что погодно-климатические из-

менения оказывают непосредственное влияние на жизненные потребности населения и экономики, а также состояние здоровья человека в этих условиях.

Это явление активно обсуждается как минимум в двух направлениях: во-первых, с точки зрения причин климатических изменений, а во-вторых, с точки зрения их последствий для природной среды и человека в целом.

Использование богатейших природных ресурсов Севера занимает в экономике России ведущее место, и в частности, в обеспечении *топливно-энергетического комплекса* (ТЭК) страны. Однако это сопряжено с климатогеографической агрессией, в связи с этим, проблема сохранения здоровья человека на Севере особенно в местах организации крупных промышленных комплексов с высоким уровнем загрязнения окружающей среды, с неустойчивым погодноклиматическим режимом, крайне актуальна.

Современные исследования показали, что проживание человека в экстремальных или дискомфортных климатических, геофизических условиях, сопряженных со значительной антропогенной нагрузкой на экосистемы в развитых промышленных регионах, приводят к более интенсивному использованию и быстрому истощению адаптационных резервов организма человека [1,6].

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра располагается в физико-географической зоне, имеющей ряд существенных отличий от регионов аналогичной широты на европейской территории РФ. Традиционно считается, что показатели климата Северо-Западной Сибири, в частности ХМАО – Югры отличаются значительной жесткостью и наличием больших, устойчивых во времени градиентов барометрического давления, температуры и влажности атмосферного воздуха [1,3,4].

Спектр климатических колебаний очень широк и климатообразующие процессы проявляются с разной значимостью на различных временных масштабах, и создается впечатление, что функция спектральной плотности непрерывна (проверить это обстоятельство по эмпирическим данным, имеющим конечную длину и дискретность, очень сложно). Если данный факт действительно имеет место, то это означает существ-

ование «истинной стохастичности», причем квазиритмический характер пульсаций позволяет предполагать, что климатическая система способна генерировать стохастические автоколебания [2].

Оперируя понятиями системного подхода, выделяют внутреннюю систему (так называемую климатическую систему), состоящую из элементов, взаимодействие которых определяет главные особенности климатического режима. При этом функции, конкретно исполняемые отдельными элементами, могут быть различны: одни могут быть ответственны за усвоение энергии, идущей извне, другие – за ее внутреннее перераспределение, и т.д. Внутренняя система находится под контролем внешних факторов. Считать какой-то фактор внешним можно, исходя из предположения отсутствия на него обратного влияния со стороны системы, т.е. он оказывает влияние на состояние системы, но сам от него не зависит.

В связи с этим, создание новых методов и эффективных программ для ЭВМ по идентификации параметров порядка *биологической динамической системы* (БДС) является актуальной и необходимой задачей. Формализация же этой проблемы в рамках кибернетического подхода и её решение с позиций точных количественных методов системного анализа и синтеза представляется весьма актуальной [5,7-9].

Исходя из этой предпосылки, данная проблема является базовой на основе компартментно-кластерного подхода и *теории хаоса – самоорганизации* (ТХС).

Идентификация главных факторов, которые обнаружены в поведении БДС в целом и, погодноклиматических факторов, в частности, занимает одно из ключевых мест проблемы формирования сценариев поведения этой системы и ее векторно-эволюционной направленности.

Объект и методы исследования. Объектом исследования являлись погодноклиматические условия г. Сургута, как представителя территории азиатского района Севера РФ. Обработка временных рядов метеорологических показателей (температура, атмосферное давление, влажность атмосферного воздуха) производилась как унифицированными способами анализа *нестационар-*

ных процессов с позиций классической математической статистики, так и методом идентификации параметров квазиаттракторов в фазовом пространстве признаков, анализом фазовых портретов и др. с позиции ТХС для оценки климатических показателей в условиях ХМАО – Югры.

Характер динамики метеопараметров в рамках фазового пространства состояний (ФПС) определяли методами ТХС, т.к. поведение природных хаотических систем характеризуется динамикой квазиаттракторов состояний в ФПС. В качестве системы рассматривалась модель 3-х-мерного ФПС: параллелепипед, внутри которого находится квазиаттрактор вектора состояния параметров метеорологических показателей среды.

ТХС с использованием разработанных алгоритмов и программных продуктов в НИИ БМК, позволили нам идентифицировать параметры, существенно отличающиеся как в годовой, так и сезонной динамике погодно-климатических показателей с хаотическим режимом поведения.

Применение метода идентификации параметров аттракторов с позиции ТХС для оценки климатических показателей ХМАО-Югры, выполненная нами ранее [3], позволила установить хаотический характер динамики этих показателей.

Результаты и их обсуждение. Оценка динамики долговременных тенденций изменения распределений среднесуточных температур атмосферного воздуха (для каждого зимнего и летнего месяца) путем вычисления на уровне центильных значений (90-го % процентиля и 10-го % процентиля), позволила определить пороговые величины температур многолетнего распределения, которые задаются данным подходом – оценкой многолетней тенденции температурной изменчивости атмосферного воздуха (табл. 1, 2).

Анализ данных, приведенных в табл. 1 и 2, позволяет констатировать, что диапазоны пороговых многолетних значений температур атмосферного воздуха имели тенденцию сдвига в сторону повышения показателя как для летнего, так и для зимнего периода.

Обработка кластеров исходных климатических параметров абиотической среды и использование метода идентификации параметров квазиаттракторов метеороло-

гических факторов в многомерном ФПС позволила представить эти результаты, с одной стороны, в виде отдельных количественных показателей, с другой стороны, в виде их графических иллюстраций и портретов (временной динамики переменных в m -мерном фазовом пространстве). На рис. 2 и 3 представлены фазовые портреты температурных кривых атмосферного воздуха в условиях г. Сургута отдельно для двух сезонов в динамике 1991-2010 гг. – летний и зимний период.

Таблица 1

Пороговые значения для среднесуточной температуры зимнего периода на уровне 90% и 10%-центиля за периоды наблюдений

Период, годы	Зимний период					
	90-й % процентиль			10-й % процентиль		
	декабрь	январь	февраль	декабрь	январь	февраль
1991-1995	-34,7	-34,5	-32,6	-7,8	-7,8	-9,1
1996-2000	-31,8	-34,0	-31,2	-7,3	-10,3	-7,0
2001-2005	-29,9	-31,2	-27,0	-5,0	-8,8	-5,1
2006-2010	-28,8	-29,0	-27,0	-4,0	-6,9	-5,3
среднее	-31,3	-32,2	-29,5	-6,0	-9,0	-5,8

Таблица 2

Пороговые значения для среднесуточной температуры летнего сезона на уровне 90% и 10%-центиля за периоды наблюдений

Период, годы	Летний период					
	90-й % процентиль			10-й % процентиль		
	июнь	июль	август	июнь	июль	август
1991-1995	22,8	27,5	22,2	7,5	12,4	9,5
1996-2000	24,4	25,6	20,8	5,3	11,5	7,3
2001-2005	25,2	26,9	22,5	9,9	12,1	10,1
2006-2010	24,8	26,7	21,7	7,2	13,1	10,0
среднее	24,2	26,7	21,8	7,5	12,2	9,2

Характерной особенностью являлся и тот факт, что границы температурного порога имели большие абсолютные значения для зимнего сезона, чем для летнего периода (рис. 1). Видно (рис. 2, 3), что динамика изменения значений температуры атмосферного воздуха во времени зимой и летом отличается сложностью и хаотичностью поведения. Отметим, что летом траектории на фазовых портретах группируются сравнительно «тесно», т.е. характер разбросов рассматриваемых величин в разное время года различен.

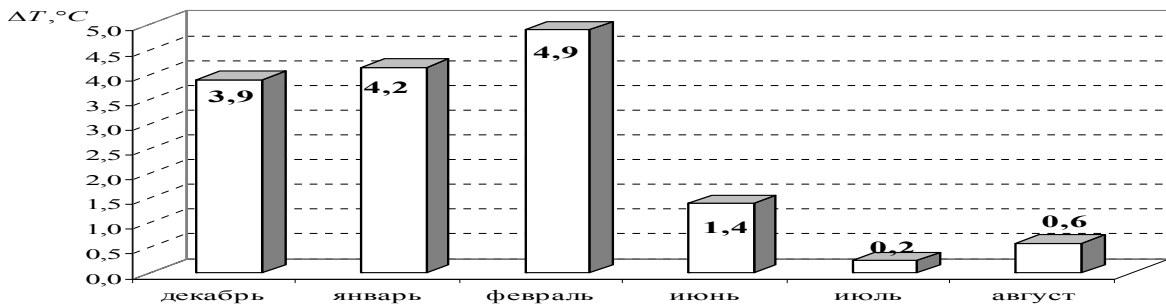


Рис. 1. Параметры температурных пороговых значений зимнего и летнего периода в сравнении двух временных периодов: 1999-2000 гг. и 2001-2010 гг. Примечание: по оси x – зимние и летние месяцы года; по оси y – значения амплитуды температуры, $^\circ\text{C}$

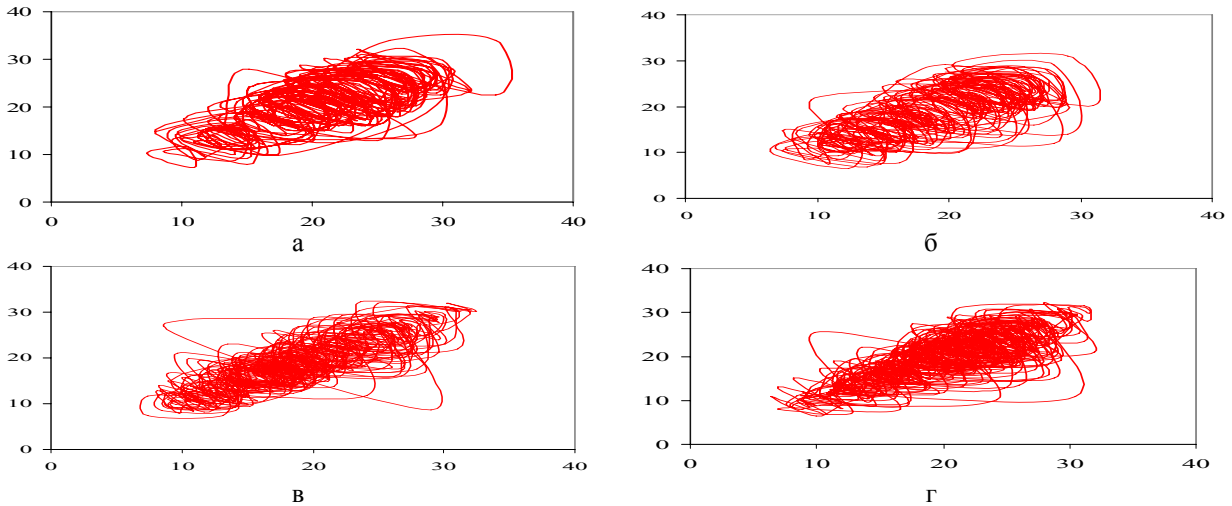


Рис. 2. Фазовые портреты, характеризующие ряды температурных величин в г. Сургуте в многолетней динамике на примере летнего сезона: (а) июль 1991-1995 гг.; (б) июль 1996-2000 гг.; (в) июль 2001-2005 гг.; (г) июль 2006-2010 гг. Примечание: по оси OX – значения температуры T_n ($^\circ\text{K}$), по оси OY – значения T_{n-1} ($^\circ\text{K}$), т.е. фазовые траектории построены в одном и том же масштабе – с шагом в один день

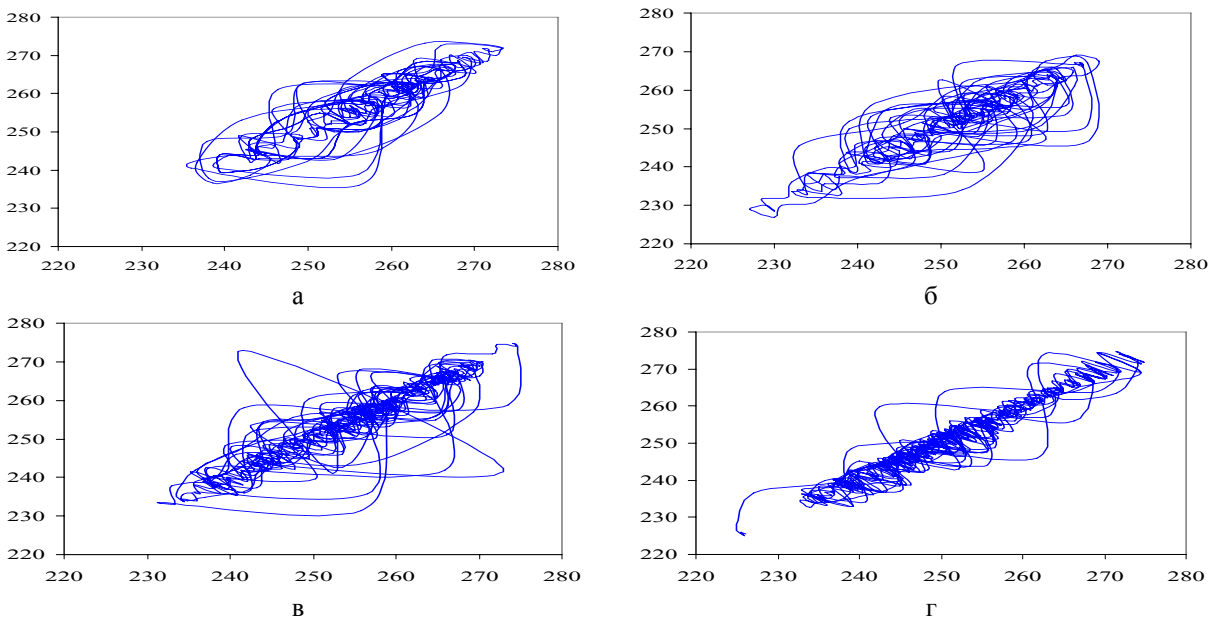


Рис. 3. Фазовые портреты, характеризующие ряды температурных величин в г. Сургуте в многолетней динамике на примере зимнего сезона: (а) январь 1991-1995 гг.; (б) январь 1996-2000 гг.; (в) январь 2001-2005 гг.; (г) январь 2006-2010 гг. Примечание: по оси OX – значения температуры T_n ($^\circ\text{K}$), по оси OY – значения T_{n-1} ($^\circ\text{K}$), т.е. фазовые траектории построены в одном и том же масштабе – с шагом в один день

При увеличении числа внешних воздействий происходит кардинальная перестройка фазового портрета системы, когда

обе устойчивые точки теряют свою устойчивость и в системе возникает квазитрактор сложной структуры.

На основании полученных данных можно сделать следующие **выводы**:

1. Факторы внешнего воздействия регионального масштаба вызывают «фазовые сдвиги» и квазипериодические колебания в динамике погодно-климатических параметров.

2. Использование данного методологического подхода и программных продуктов актуально для изучения биоклиматических характеристик среды, включая уровень дискомфорта и изменчивости климата, которые определяют состояние и уровень здоровья населения и рекреационный потенциал климата для осуществления рекреационной деятельности.

Литература

1. Агаджанян Н.А., Саламатина Л.В., Леханов Е.Н. Уровень здоровья и адаптации у населения на Крайнем Севере.– М., Надым, 2002.– 160 с.

2. Пригожин И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. Стенгерс И.– М.: УРСС, 2003.– 312 с.

3. Русак С.Н., Козупица Г.С., Буров И.Г., Митющенко Н.А. Хаотическая динамика метеофакторов в условиях азиатского Севера РФ (в условиях ХМАО-Югры) // Сложность. Разум. Постнеклассика.– 2013.– Т. 2.– № 3. С. 13–20.

4. Русак С.Н., Молягов Д.И., Еськов В.В., Филатова О.Е. Годовая динамика погодно-климатических факторов и здоровье населения ХМАО // Экология человека.– 2013.– №11.– С. 19–24.

5. Филатова О.Е., Даниелян В.В., Сологуб Л.И., Филатов М.А., Ярмухаметова В.Н. Три типа систем в природе и новые методы изучения биосистем в рамках третьей парадигмы // Вестник новых медицинских технологий.– 2012.– №2.– С. 21–23.

6. Хаснулин, В.И. Подходы к районированию территории России по условиям дискомфорта окружающей среды для жизнедеятельности населения /В.И. Хаснулин [и др.]. // Бюллетень СО РАМН.– 2005.– №3 (117).– С. 106–111.

7. Quantitative Registration of the Degree of the Voluntariness and Involuntariness (of the Chaos) in Biomedical Systems / Valery M. Eskov [et al.] // Journal of Analytical Sciences, Methods and Instrumentation.– 2013.– № 3.– 67–74.

8. Third Global Paradigm.

<http://www.thirdglobalparadigm.com>

9. Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Filatova O.E. Quantitative Registration of the Degree of the Voluntariness and Involuntariness (of the Chaos) in Biomedical systems // Journal of analytical Sciences, Methods and Instrumentation.– 2013.– VI.3.– P. 67–74.

References

1. Agadzhanyan NA, Salamatina LV, Lekhanov EN. Uroven' zdorov'ya i adaptatsii u naseleniya na Kraynem Severe. Moscow-Nadym; 2002. Russian.

2. Prigozhin I. Poryadok iz khaosa. Novyy dialog cheloveka s prirodoy. Stengers I. Moscow: URSS; 2003. Russian.

3. Rusak SN, Kozupitsa GS, Burov IG, Mityushchenko NA. Khaoticheskaya dinamika meteofaktorov v usloviyakh aziatskogo Severa RF (v usloviyakh KhMAO-Yugry) [Chaotic dynamics of climate factors in the asian north of the russian federation (by the example of KhMAO-Ugra)]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2013;2(3):13-20. Russian.

4. Rusak SN, Molyagov DI, Es'kov VV, Filatova OE. Godovaya dinamika po-godno-klimaticheskikh faktorov i zdorov'e naseleniya KhMAO. Ekologiya cheloveka. 2013;11:19-24. Russian.

5. Filatova OE, Danielyan VV, Solo-gub LI, Filatov MA, Yarmukhametova VN. Tri tipa sistem v prirode i novye metody izucheniya biosistem v ramkakh tret'ey para-digmy [Three types of systems in nature and three types of paradigm in systems]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;2:21-3. Russian.

6. Khasnulin VI, et al. Podkhody k rayonirovaniyu territorii Rossii po us-loviyam diskomfortnosti okruzhayushchey sredy dlya zhiznedeyatel'nosti naseleniya. Byulleten' SO RAMN. 2005;117(3):106-11. Russian.

7. Eskov VM, 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.

8. Third Global Paradigm. <http://www.thirdglobalparadigm.com>

9. Eskov VM, Khadartsev AA, Eskov VV, Filatova OE. Quantitative Registration of the Degree of the Voluntariness and Involuntariness (of the Chaos) in Biomedical systems. Journal of analytical Sciences, Methods and Instrumentation. 2013;VI.3:67-74.