

ПРОЕКТУВАННЯ І МАТЕМАТИЧНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ СЕНСОРІВ
SENSORS DESIGN AND MATHEMATICAL
MODELING

PACS: 92.70.Gt±92.60.Fm±42.68Jg УДК 556.12 : 551.577.35 : 517.444

**ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСИСТЕМНОЙ ТЕХНОЛОГИИ «ГЕОМАТН» К
МОДЕЛИРОВАНИЮ БАЛАНСА УГЛОВОГО МОМЕНТА ЗЕМЛИ, ПАРАМЕТРОВ
АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ И РАДИОВОЛНОВОДОВ:
III. НЕСТАЦИОНАРНАЯ ТЕОРИЯ**

А. В. Глушков, О. Ю. Хецелиус, Ю. Я. Бунякова, С. В. Амбросов, В. Ф. Мансарлийский

Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса
Одесский государственный экологический университет, г. Одесса

**ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСИСТЕМНОЙ ТЕХНОЛОГИИ «ГЕОМАТН» К
МОДЕЛИРОВАНИЮ БАЛАНСА УГЛОВОГО МОМЕНТА ЗЕМЛИ, ПАРАМЕТРОВ
АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ И РАДИОВОЛНОВОДОВ:
III. НЕСТАЦИОНАРНАЯ ТЕОРИЯ**

А. В. Глушков, О. Ю. Хецелиус, Ю. Я. Бунякова, С. В. Амбросов, В. Ф. Мансарлийский

Аннотация. Изложены элементы нестационарной теории глобальных механизмов в атмосферных низкочастотных процессах, баланса углового момента Земли, эффектов телеконнекции, а также атмосферных радиоволноводов, изучаемые на основе новой микросистемной технологии «GeoMath».

Ключевые слова: микросистемная технология, GeoMath, баланс углового момента Земли, атмосферные модели, телеконнекция

**APPLICATION OF THE MICROSYSTEMS TECHNOLOGY «GEOMATH» TO
MODELLING BALANCE OF THE EARTH ANGLE MOMENT, ATMOSPHERIC
PROCESSES AND RADIOWAVEGUIDES: III. NONSTATIONARY THEORY**

A. V. Glushkov, O. Yu. Khetselius, Yu. Ya. Bunyakova, S. V. Ambrosov, V. F. Mansarliysky

Abstract. There are presented the elements of non-stationary theory of the global mechanisms in the atmosphere low frequency processes, the Earth angle moment balance, teleconnection effects, and the radio-waveguides, which are studied within new microsystem technology «GeoMath».

Keywords: microsystem technology, GeoMath, Earth angle moment balance, atmospheric models, teleconnection

ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОСИСТЕМНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ «ГЕОМАТН» ДО МОДЕЛЮВАННЯ БАЛАНСУ КУТОВОГО МОМЕНТУ ЗЕМЛІ, ПАРАМЕТРІВ АТМОСФЕРНИХ ПРОЦЕСІВ ТА РАДІОХВИЛЬОВОДІВ: ІІІ. НЕСТАЦІОНАРНА ТЕОРІЯ

О. В. Глушков, О. Ю. Хецеліус, Ю. Я. Бунякова, С. В. Амбросов, В. Ф. Мансарлійський

Анотація. Викладені елементи нестационарної теорії глобальних механізмів в атмосферних низькочастотних процесах, балансу кутового моменту Землі та ефектів телеконекції, а також атмосферних радіохвильоводів, які вивчаються на основі нової мікросистемної технології «GeoMath».

Ключові слова: мікросистемна технологія Geomath, нестационарна теорія, баланс кутового моменту Землі, атмосферні моделі, телеконекція

1. Введение

В [1-3] (см. также [4-14]) были изложены принципиальные основы новой микросистемной технологии «GeoMath», в частности, с имплементацией, новых моделей глобальных механизмов в атмосферных низкочастотных процессах, оценки баланса углового момента Земли и эффектов телеконнекции, а также параметров ультракоротковолновых (УКВ) радиоволноводов. В данной статье, продолжающей работы [2,3] мы представим элементы нестационарной теории глобальных механизмов в атмосферных низкочастотных процессах, баланса углового момента Земли, эффектов телеконнекции, а также атмосферных радиоволноводов. Напомним, что в практическом плане микросистемная технология «GeoMath» нацелена на обнаружение и апробацию новых предикторов для долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов низкочастотных атмосферных процессов. Речь идет и об адаптации модифицированной теории атмосферной макротурбулентности применительно к атмосферным радиоволноводам с целью их возможного использования наряду с другими в качестве предикторов в долгосрочном плане. Ранее проведенные компьютерные эксперименты, продемонстрировали ценность предложенных и адаптированных нами первых математических моделей расчета в рамках технологии «GeoMath» баланса углового момента, атмосферного влагооборота в связи с генезисом

тропосферных УКВ радиоволноводов и процессами преобладания форм атмосферной циркуляции (телеконнекции, фронтогенеза) для целей освоения новых для прогностической практики сенсоров в области долгосрочных прогнозов и моделирования низкочастотных атмосферных процессов (см. также [15-22]).

2. Элементы нестационарной теории баланса углового момента. Нестационарное уравнение баланса углового момента в планетарных динамических перемещениях воздушных масс записывается в следующей стандартной интегральной форме [5,17]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \int \rho M dV &= \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_0^{2\pi} \int_0^H \rho v M d\varphi dz d\lambda + \\ &+ \int_0^H \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_0^{2\pi} \left(p_E^i - p_W^i \right) a \cos \varphi dz d\varphi d\lambda + \\ &+ \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_0^{2\pi} \int_0^H \tau_0 a \cos \varphi d\varphi d\lambda 2\pi, \end{aligned} \quad (1)$$

где $M = \Omega a^2 \cos \varphi + u a \cos \varphi$ – угловой момент; Ω – угловая скорость вращения Земли; a – радиус Земли; φ – широта ($\varphi_1 - \varphi_2$ – отделяют широтный пояс между арктическим и полярным фронтами); λ – долгота; u, v – зональная и меридиональная компоненты скорости ветра; ρ – плотность воздуха; V – весь объем атмосферы в указанном широтном поясе от уровня моря

до средней высоты приподнятого тропосферного волновода УКВ – H (А.Оорт применяет $H = \infty$ [17]); – разность давлений на восточных и западных склонах i -й горы; z – высота над уровнем моря; τ_0 – напряжение трения на поверхности. В схеме Орта [17], циркуляционная ячейка Гадлея по угловому моменту на севере входит в зону действия арктического фронта, а на момент выхода из литосферы входит в зону действия полярного фронта. Сближение указанных атмосферных фронтов могло бы тогда замкнуть атмосферный цикл баланса по угловому моменту, не вводя в действие океан и литосферу и в одном частотном диапазоне атмосферных колебаний. Разумеется, тропическая ячейка Гадлея осуществляет телеконнекцию полярного фронта с южным процессом аналогичным механизмом связи тропического и полярного фронтов или тропической ячейки Гадлея с ячейкой Гадлея умеренных широт. Индекс рефракции однозначно связан с полем плотности, поэтому он может являться комплексным, измеримым по УКВ, показателем хода всего процесса телеконнекции [4,5]. Тропосферные волноводы УКВ – приводный и приподнятый – определяют величину H в уравнении (1). Определение положения уровня верхней части ячейки Гадлея по полю скорости или по критерию основного массопереноса может быть конкретизировано критерием плотности (рефракции) [4,5]. Цикл баланса углового момента в зонах соприкосновения с гидросферой и с литосферой (что рассматривается в нестационарной теории) приобретает сингулярность, которая выявляется возникновением зон фронтальных разделов и в солитонах типа фронт [1-3]. Ядро нестационарного уравнения (1) может быть задано в поле плотности функциональным ансамблем комплексного потенциала скорости:

$$w = \bar{v}_\infty z + \frac{1}{2\pi} \sum_{k=1}^n q_k \ln(z - a_k) - \frac{1}{2\pi} \sum_{k=1}^p \frac{M_k e^{\alpha_k i}}{z - c_k} - \frac{i}{2\pi} \sum_{k=1}^m \Gamma_k \ln(z - b_k). \quad (2a)$$

Соответственно комплексная скорость определится тривиально как

$$v = \frac{dw}{dz} = \bar{v}_\infty + \frac{1}{2\pi} \sum_{k=1}^n \frac{q_k}{z - a_k} + \frac{1}{2\pi} \sum_{k=1}^p \frac{M_k e^{\alpha_k i}}{(z - c_k)^2} - \frac{i}{2\pi} \sum_{k=1}^m \frac{\Gamma_k}{z - b_k}. \quad (2б)$$

В уравнениях (2), (3) w – комплексный потенциал скорости; v_∞ – комплексная скорость общего циркуляционного фона (в основном зональная циркуляция); b_k – координаты вихреисточников в зоне сингулярности; c_k – координаты диполей в зоне сингулярности; a_k – координаты вихревых точек в зонах сингулярности; M_k – величины моментов указанных диполей; α_k – ориентация осей диполей; Γ_k , q_k – величины циркуляций в вихреисточниках и в вихревых точках соответственно. Разумеется, ядро нестационарного уравнения (1) является сингулярным типа Коши и Гильберта. Связь индекса рефракции с полем комплексного потенциала (2) или с полем комплексной скорости тривиальна посредством уравнений теории «мелкой воды» (см., напр., [11-13]). Решение сингулярного интегрального уравнения относительно углового момента возможность как оценки веса сингулярности в поле углового момента, так и в оценке атмосферного вклада в сам баланс [13]. Использование блока нестационарного уравнения баланса углового момента Земли позволяет далее видоизменить и обобщить разработанную в [1-8] технологию Geomath с целью расчета параметров радиоволноводов, баланса углового момента, фактора макротурбулентности и т.д. Соответственно, обобщенная схема расчета может быть представлена в виде ниже приведенного комплекса программных блоков (таблица 1).

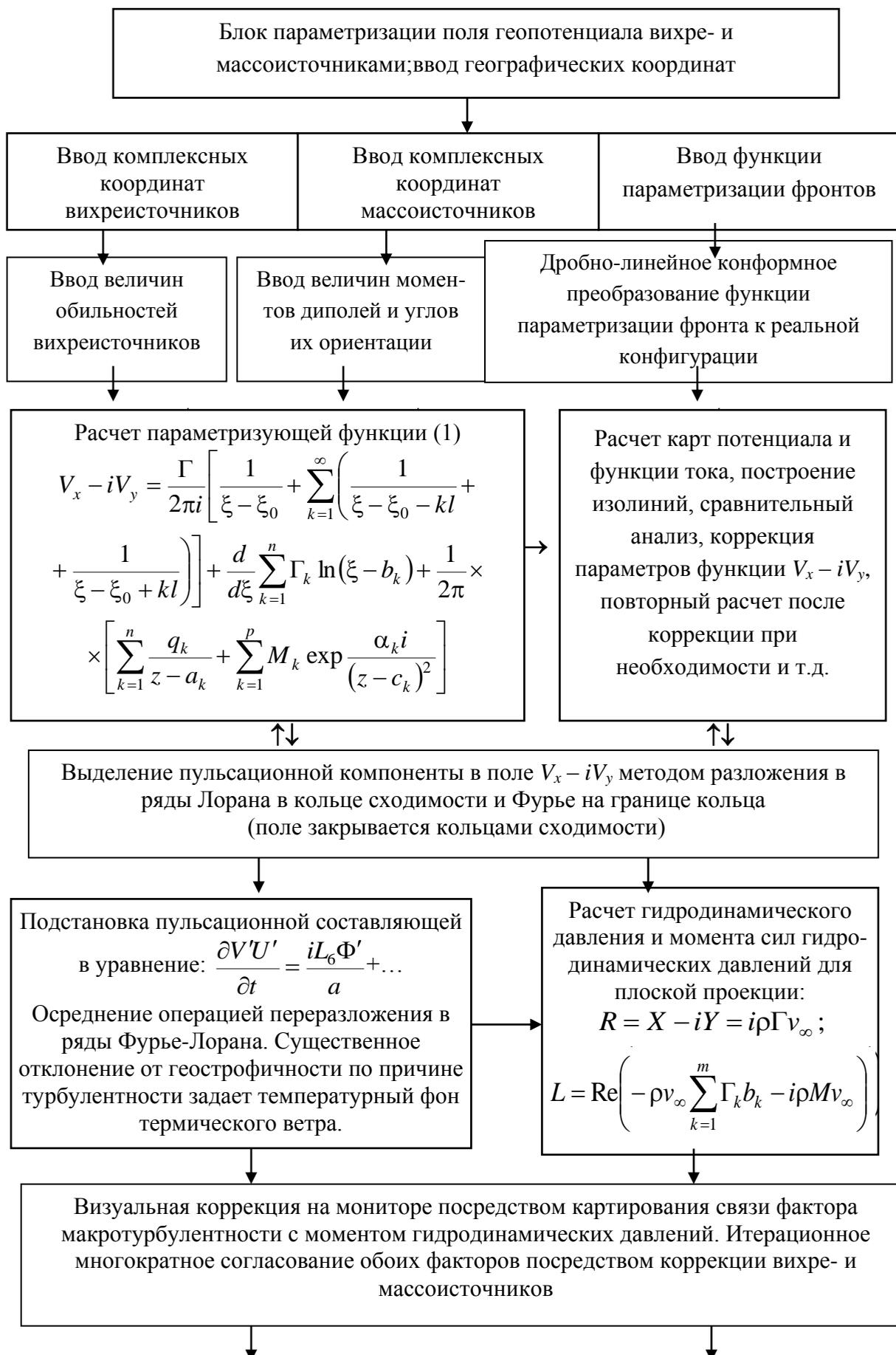


Таблица 1 (продолжение) – Комплекс программных блоков (см. текст).



3. Заключительные замечания и выводы

В работе изложены элементы нестационарной теории глобальных механизмов в атмосферных низкочастотных процессах, баланса углового момента Земли, эффектов телеконнекции, а также атмосферных радиоволноводов, изучаемые на основе новой микросистемной технологии «GeoMath». Следует учитывать связь тропосферного радиоволновода с атмосферным влагооборотом и соответственно с формой атмосферной циркуляции через положение фронтальных разделов (атмосферных фронтов как основных накопителей влаги). Атмосферный влагооборот связан с таким типично низкочастотным процессом как выполнение баланса углового момента. Последний характеризует нарушение баланса вращения атмосферы вместе с Землей, которое может быть при развитии меридиональных процессов с осуществлением переноса массы воздуха и пара между тропическими широтами (с большой линейной скоростью) и медленно вращающимися воздушными массами приполярных широт (собственно это есть процесс медленной телеконнекции). Динамика и характеристики атмосферного радиоволновода как раз и связаны с телеконнекцией и, тем самым, с формами циркуляции, с процессами преемственности этих форм (что важно в долгосрочном прогнозе). Дисбаланс углового момента не может оставаться без последствий в атмосфере ввиду достаточно больших сил, задействованных в искомой динамике. Естественно разбаланс вызывает эффекты сингулярности, т.е. резкую реакцию атмосферы для попытки его устранения. В любом случае такое серьезное воздействие на атмосферу в принципе может во многом явиться причиной смены формы атмосферной циркуляции, которая позволяет быстро устранить дисбаланс углового момента организацией достаточно быстрого транспорта влаги и воздуха скоростного вращения с севера на юг к своему моменту вращению. Нестационарная теория подобных процессов является наиболее обоснованным подходом.

Список литературы

1. Бунякова Ю.Г., Глушков А.В., Анализ и прогноз влияния антропогенных факторов на воздушный бассейн промышленного города.-Одесса: Экология, 2010.-256С.
2. Глушков А.В., Амбросов С.В., Хецелиус О.Ю., Бунякова Ю.Я., Препелица Г.П., Серга Э.Н., Соляникова Е.П., Теоретические основы микросистемной технологии «Geomath»: Баланс углового момента Земли, атмосферные радиоволноводы и телеконнекция I// Sensors Electr. And Microsyst. Techn. – 2011.-Vol.2(8),N 4.-P.63-78.
3. Глушков А.В., Амбросов С.В., Хецелиус О.Ю., Бунякова Ю.Я., Препелица Г.П., Серга Э.Н., Соляникова Е.П., Применение микросистемной технологии «Geomath» к моделированию баланса углового момента земли, параметров атмосферных процессов и радиоволноводов: II. Компьютерные эксперименты// Sensors Electr. And Microsyst. Techn..-2011.-Vol.2(8),N 4.-P. 79-89.
4. Амбросов С.В., Обобщенный критерий форм циркуляции атмосферы // Метеорология, климатология и гидрология. – 1999. – Вып. 38. – С. 164-168;
5. Глушков А.В., Амбросов С.В., Хохлов В.Н., Атмосферные волноводы, телеконнекция, ячейки Гадлея и баланс углового момента Земли// Метеорология, климатология и гидрология. – 1999. – Вып. 38. – С. 164-168.
6. Glushkov A. V., Khokhlov V. N., Bunyakova Yu.Ya., Prepelitsa G. P., Svinarenko A.A., Tsenenko I. Sensing non-linear interaction between global teleconnection patterns: Microtechnology «Geo-math»// Sensors Electr. and Microsyst. Techn.-2006.-N1.-P.64-70.
7. Glushkov A. V., Khokhlov V. N., Bunyakova Y.Y., Svinarenko A.A., Solonko T.,

- Sensing correlation between atmospheric teleconnection patterns and sea ice extent: Micro-technology «Geomath» // *Sensors Electr. and Microsyst. Techn.*-2006.-N2.-P.16-19.
8. Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Svinarenko A.A., Bunyakova Yu.Ya., Prepelitsa G.P., Wavelet analysis and sensing the total ozone content in the earth atmosphere: Micro technology «Geomath»// *Sensors Electr. And Microsyst. Techn.*-2005.- N3.-P.43-48.
 9. Glushkov A.V., Loboda N.S., Khokhlov V.N., Neural networks and multi-fractal modelling frustrated aqui-systems. «Underground» hydrology and global Earth angular momentum balance// *Water resources in Asia Pasific Region.-Kyoto,Japan.*-2003.-P.1355-1358.
 10. Glushkov A., Khokhlov V., Loboda N., On the nonlinear interaction between global teleconnection patterns// *Quart. Journ. of Royal Meteo.Soc.*-2006.-Vol. 132.-P. 447–465.
 11. Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Tsenenko I.A. Atmospheric teleconnection patterns and eddy kinetic energy content: wavelet analysis// *Nonlinear Processes in Geophysics.*-2004.-V.11,N3.-P.285-293.
 12. Glushkov A.V., Loboda N.S., Khokhlov V.N., Using meteorological data for reconstruction of annual runoff series over an ungauged area: Empirical orthogonal functions approach// *Atmospheric Research (Elsevier).*-2005.-Vol.77.-P.100-113
 13. Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Loboda N.S., Serbov N.G., Zhurbenko K., Signatures of low-dimensional chaos in hourly water level measurements at coastal site of Mariupol, Ukraine// *Stoch Environ Res Risk Assess (Springer).*-2008.-Vol.22,N6.-P.777-788.
 14. Glushkov A.V., Khokhlov V.N., Loboda N.S., Bunyakova Yu.Ya., Short-range forecast of atmospheric pollutants using non-linear prediction method// *Atmospheric Environment (Elsevier).*-2008.-Vol.42.-P. 7284–7292.
 15. Русов В.Д., Глушков А.В., Ващенко В.Н. Астрофизическая модель глобального климата Земли – К.: Наукова Думка, 2005. – 215 С.
 16. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Bunyakova Yu.Ya., Prepelitsa G.P., Solyanikova E.P., Serga E.N., Non-linear prediction method in short-range forecast of atmospheric pollutants: low-D chaos// *Dynamical Systems-Theory and Appl.*-2011.-Vol.2.-P.31-36.
 17. Peixoto J.P., Oort A.H. *Physics of Climate* – N.-Y.: AIP.-1992.–520p.; von Storch J., *Angular momenta of Antarctic, Arctic Oscillations*//*J.Clim.*-2000.-Vol.13- P.681-685.
 18. Arakava A., Schubert W.H. Interaction of cumulus cloud ensemble with the large-scale environment. Part I. // *J. Atmos. Sci.* – 1974. – Vol. 31. – P. 674-701.
 19. Kistler R., Kalnay E., Collins W., et al, *The NCEP-NCAR 50-year reanalysis: monthly means CD-ROM and documentation* // *Bull. Amer. Met.Soc.*–2001.–Vol.82.–P.247-267.
 20. Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 280 с.
 21. Wang C., ENSO, climate variability, and the Walker and Hadley circulations// In: *The Hadley Circulation: Present, Past, and Future.*- Eds Diaz H.F. and Bradley R.S.-Berlin: Springer.- 2004.-P.131-164.
 22. Lorenz E.N., Deterministic nonperiodic flow// *J. Atmos. Sci.* – 1963. – Vol. 20. – P. 130-141.