
FIRST PUBLISHED: October 2011

THE COMPLEX SYSTEMS

SLOZHNYE SISTEMY

Interdisciplinary Scientific Journal

January - March

№ 1 (30), 2019

Editor in Chief Ivanov O.P. (MSU, Moscow, Russia)
Deputy chief Editor Knyazeva H.N. (NRU HSE, Moscow, Russia)
Assistant Editor Vinnik M.A. (MSU, Moscow, Russia)

Editorial council

Bogolepova I.N. (Research Center of Neurology RAMS, Moscow, Russia);
Gershenson C. (National Autonomous University of Mexico, Mexico);
Gusev N.B. (MSU, Moscow, Russia);
Erdi P. (Center for Complex Systems Studies of Kalamazoo College, Michigan, United States);
Igamberdiev A.U. (Memorial University of Newfoundland, Canada);
Mainzer K. (Munich Center for Technology in Society, Munich, Germany);
Malinetskii G.G. (Keldysh Institute of Applied Mathematics, Moscow, Russia);
Melikhov I.V. (MSU, Moscow, Russia);
Panin V.E. (Institute of Strength Physics and Materials Science, SB RAS, Tomsk, Russia);
Pospelov I.G. (Dorodnicyn Computing Centre, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia);
Hofkirchner W. (Bertalanffy Center for the Study of Systems Science (BCSSS), Vienna, Austria)

Editorial board

Gladkov S.O. (Schmidt Institute of Physics of the Earth (IPE), Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia); **Golichenkov V.A.** (MSU, Moscow, Russia); **Doronin Yu.K.** (MSU, Moscow, Russia); **Klige R.K.** (MSU, Moscow, Russia); **Kurkina E.S.** (MSU, Moscow, Russia); **Magnitskii N.A.** (MSU, Moscow, Russia); **Melekhova O.P.** (MSU, Moscow, Russia); **Orynbassarov A.S.** (SPA "Innovative nanotechnology of Kazakhstan", Astana, Kazakhstan); **Riznichenko G.Yu.** (MSU, Moscow, Russia); **Safyanov G.A.** (MSU, Moscow, Russia); **Surikov V.V.** (MSU, Moscow, Russia); **Chulichkov A.I.** (MSU, Moscow, Russia); **Schaniavskii A.A.** (State Center Air Transport Flight Safety, Khimki, Moscow region, Russia); **Kirilishina E.M.** (MSU, Moscow, Russia; technical editor)

Publishing company: LIC "AGROMASHPRO", 2018

Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor)

Certificate of registration of mass communication media ПИ No. ФС77-42729 as of November 25, 2010

Registration number of changes ПИ No. ФС77-73604 as of August 31, 2018

ISSN No. 2220-8569

Sent for the press 30.03.2019. Format 60×88 1/8. Circulation 50. Publishing company:

LIC "AGROMASHPRO" Address of Editorial office: 5/2, alleya Zhemchugovoy, office 109/7, Moscow, 111402, Russia. Postal address: Maria A. Vinnik, p/b 41, Moscow, 105318, Russia Tel./Fax: +7(495) 978 62 99
<http://www.slozhnye-sistemy.ru>; E-mail: mail@vinnik.ru Subscription index in the integrated catalog "Press of Russia" 88852

Frequency: Quarterly

Typography: LIC "Agromashpro", 5/2, alleya Zhemchugovoy, office 109/7, Moscow, 111402, Russia,
<https://www.технопарк.рф> **технопарк®**

© LLC "AGROMASHPRO", 2019

© Group of authors, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Фундаментальные исследования

- Памяти А.П. Руденко. **4**
- Руденко А.П.* Самоорганизация и прогрессивная химическая эволюция открытых каталитических систем. **7**
- Федоров В.М., Фролов Д.М.* О возможной физической природе мультидекадного колебания в климатической системе Земли. **26**
-

Новые идеи, подходы

- Смирнов В. Л.* Определение относительных масс планет на основе характеристик их орбит и периодов обращения. **41**
-

CONTENTS

Basic researches

The memory of A.P. Rudenko.	4
Rudenko A.P. Self-organization and synergetics.	7
Fedorov V.M., Frolov D.M. About possible physical nature of multidecade oscillation in the Earth`s climatic system.	26

New ideas, approaches

Smirnov V.L. Determination of the relative planets masses based on their orbits and the orbital characteristics.	41
---	-----------

ПАМЯТИ А. П. РУДЕНКО
20.02.1925 – 17.04.2004

17 июня 2004 года скоропостижно скончался доктор химических наук, профессор кафедры химии нефти и органического катализа Химического факультета МГУ Александр Прокофьевич Руденко – видный ученый и высококвалифицированный специалист в области фундаментальных вопросов классического и эволюционного катализа.

А.П. Руденко родился 20 февраля 1925 года в г. Георгиевске Ставропольского края. Свою трудовую деятельность А.П. Руденко начал в 1942 году на заводе Вторчермет в г. Ташкенте. В 1945 г. он поступил на Химический факультет Московского государственного факультета, с которым была связана вся его дальнейшая судьба, и где он прошел путь от студента до профессора. Ученик академиков Б.А. Казанского и А.А. Баландина, он в 1954 году защитил кандидатскую диссертацию (“Дегидрогенизационная конденсация ароматических углеводородов”), а в 1971 году – докторскую (“Продукты уплотнения в органическом катализе”). В 1976 году ему было присвоено звание профессора.

Развитое Александром Прокофьевичем научное направление явилось продолжением и углублением фундаментальных исследований в области катализа, начатых академиком А.А. Баландиным. Оно касается изучения причин и механизма действия катализаторов в ходе реакций, установления природы и свойств промежуточных каталитических комплексов, разработки и подбора новых катализаторов и каталитических систем для различных процессов. Обобщение и анализ полученных результатов привели его к разработке концепции эволюционного катализа, которая изложена в монографии “Теория саморазвития открытых каталитических систем” (1969 г.) и в ряде крупных обзорных статей, в которых он обосновал выделение эволюционной химии в новую предметную область науки. Предложенная им общая теория прогрессивной химической эволюции на количественном уровне описывает, по словам автора, «переход от высших проявлений химизма к жизни»

Александр Прокофьевич является автором оригинальных представлений о роли продуктов уплотнения, получающихся в поликонденсационных процессах на поверхности катализаторов, в формировании их активности и влиянии на механизмы протекающих реакций. Он обосновал возможность образования алмаза, графита и других полиуглеродов в результате поликонденсационных превращений малых углеродсодержащих молекул и показал роль открытых каталитических систем в осуществлении этих процессов. В 1957 году одним из первых в мире он осуществил синтез алмаза в мягких лабораторных условиях (при низких РТ - параметрах).

Выяснение специфики поликонденсационных процессов в неравновесных открытых каталитических системах явилось основанием для разработки физико-химических моделей ряда природных процессов: круговорота углерода, абиогенного

образования углеводородов нефти и газа, химического синтеза алмаза в кимберлитовых и метаморфогенных породах.

Изучение химии поверхности алмаза и закономерностей его превращений, в том числе и каталитических, привело к созданию методов химико-каталитической обработки алмаза, позволяющие целенаправленно изменять смачиваемость поверхности, повышать устойчивость алмаза в окислительных средах, получать гладкие или предельно шероховатые поверхности, матировать поверхность рундиста, регулировать механическую прочность синтетических алмазных порошков, изменять их спекаемость, тепло- и электрофизические свойства. Александром Прокофьевичем разработан физико-химический критерий оценки алмазности кимберлитовых месторождений; а предложенный способ обогащения алмазного сырья в настоящее время внедряется на предприятиях “АЛРОСА” (Якутия).

Много внимания А.П.Руденко уделял вопросам, связанным с физической сущностью явления самоорганизации, являющегося предметом исследования науки синергетики в ее расширительном толковании. Он показал, что самоорганизация (неравновесное упорядочение) и организация (равновесное упорядочение) являются двумя фундаментальными процессами природы, различающимися по направленности изменения степени их неравновесия и поглощению либо выделению энергии в ходе процесса. Одним из важных вкладов в науку о самоорганизации, который внесла теория эволюционного катализа, разработанная А.П. Руденко, является установление существования двух типов самоорганизации: континуальной самоорганизации индивидуальных микросистем и когерентной (коллективной) самоорганизации их макроскопических множеств (в отличие от подхода И.Р. Пригожина, развитого Г. Хакеном в синергетику, где рассматривается лишь второй тип). В своих работах А.П. Руденко показал, что прогрессивная эволюция с естественным отбором возможна только как саморазвитие континуальной самоорганизации индивидуальных систем.

О широте интересов Александра Прокофьевича говорят его публикации: он автор более 600 научных работ в области химии, экологии, философии; в их числе монография, 52 научно-теоретических обзора, 23 изобретения и 4 патента РФ. Александр Прокофьевич Руденко ученый, признанный широкой мировой общественностью. Он был действительным членом Нью-Йоркской академии наук, Российской Народной Академии Наук, Московского общества испытателей природы, ВХО им. Д.И. Менделеева. За научные достижения А.П. Руденко награжден медалью “За доблестный труд”.

Много сил и времени Александр Прокофьевич посвящал административной, организационной, методологической и педагогической деятельности. Работал членом секции по природным алмазам НС ГКНТ, зам. председателя секции “История и методология естествознания” при Совете МГУ, зам. главного редактора редколлегии “История и методология естественных наук”, многие годы руководил работой Методологического семинара Химического факультета МГУ, являлся членом редакционной коллегии Трудов семинара “Синергетика” и членом Ученого Совета отделения «Синергетика» РАН.

Памяти А.П. Руденко

А.П. Руденко являлся опытным педагогом, около 50-ти лет читавшим лекции по катализу и философским проблемам химии как для студентов и аспирантов естественных факультетов МГУ, так и в других ВУЗах нашей страны и за рубежом.

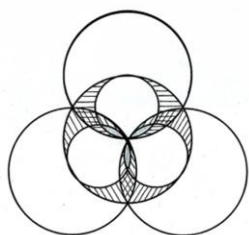
За время своей работы он подготовил 5 докторов и 40 кандидатов наук, всего – более 60 молодых специалистов. С благодарностью и любовью Александра Прокофьевича вспоминают его ученики не только в России и бывших республиках СССР, но и в Монголии, Корее, Вьетнаме, ЮАР.

Отзывчивый и доброжелательный, бесконечно трудолюбивый и всегда занятой, но всегда находивший время для консультаций и обсуждений разнообразных и многочисленных вопросов, с которыми обращался неиссякаемый поток идущих к нему людей, Александр Прокофьевич Руденко навсегда останется светлым воспоминанием в нашей памяти (в сокращении по М.П. Жиленко [1]).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Жиленко М.П. Памяти А.П. Руденко. Синергетика. Труды семинара. – 2006. – Т. 8. – С. 66-75.

УДК 510.6:681.3



САМООРГАНИЗАЦИЯ И ПРОГРЕССИВНАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ОТКРЫТЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Руденко А.П. (д.х.н., проф. МГУ им. М.В. Ломоносова)

Аннотация. Рассмотрена физическая сущность явления самоорганизации на основе двух подходов, связывающих эту сущность с диссипацией (И. Пригожин и его последователи) или же с внутренней полезной работой против равновесия (концепция эволюционного катализа автора статьи). Показано, что самоорганизация (неравновесное упорядочение) является одним из двух фундаментальных элементарных процессов природы, различающихся по их физическим принципам. При неравновесном упорядочении степень неравновесия возрастает и затрачивается энергия, а при равновесном упорядочении (организации) степень неравновесия уменьшается и энергия выделяется. Оба процесса взаимосвязаны и имеют разную видимую долю проявлений в сложных явлениях. Показано, что существуют два типа самоорганизации: континуальный для индивидуальных (микро=) систем и когерентный для коллективных (макро=) открытых систем; прогрессивная эволюция с естественным отбором возможна только как саморазвитие континуальной самоорганизации индивидуальных систем. Рассмотрена современная ситуация с наукой о самоорганизации. Показаны ограниченность определения этой науки как синергетики по Хакену и возможные пути решения вопроса. Указаны нежелательные тенденции развития современной синергетики, приводящие либо к утрате предмета этой науки, либо к утрате научного статуса этой области.

Ключевые слова. Самоорганизация, организация, неравновесность, равновесность.

ВВЕДЕНИЕ

Научно-теоретическое обоснование существования явления самоорганизации неравновесных открытых систем как процесса неравновесного упорядочения было дано И.Р. Пригожиным [1,2] и автором настоящей статьи [3,4] практически в одно и то же время независимо друг от друга. Под *самоорганизацией* нами подразумевался процесс с диаметрально противоположной энергодинамической направленностью, чем процесс обычной *организации*, подчиняющийся принципу Больцмана (стремление системы к максимуму энтропии и минимум свободной энергии). Однако подходы к описанию физической сущности явления у нас с Пригожиным оказались альтернативными; разными были характер исследования и природа объектов, где оно наблюдалось. Поэтому развитие исследований в этих двух направлениях практически происходило независимо и не пересекалось, пока не возникла необходимость сопоставления этих двух подходов в решении вопросов связи процессов самоорганизации и саморазвития и взаимоотношения самоорганизации и прогрессивной химической эволюции, приводящей к возникновению жизни. Сопоставление этих двух подходов в аспекте решения указанных задач, проведенное в [5, 6], выявило их альтернативность и разные эвристические возможности.

В подходе Пригожина исследовались внешние проявления самоорганизации макроскопических открытых систем разной природы (физической, химической, биологической) вдали от равновесия, возникающей в стационарном состоянии при минимуме производста энтропии. Согласно этому подходу, условием возникновения

самоорганизации принималась необратимость процесса, причиной и мерой – уменьшение производства энтропии, а движущей силой – отрицательная энтропия, поглощаемая открытой системой из среды.

В нашем подходе исследовались внутренние механизмы динамического существования и самоорганизации неравновесных индивидуальных (микроскопических) каталитических систем на молекулярном уровне в ходе обмена веществ богатой энергией базисной реакции. При этом с использованием кинетических и энергетических параметров на основе общей мощности обменного процесса давалось количественное описание динамического существования и устойчивости неравновесного кинетического континуума веществ и элементарных реакций, образующегося в химическом акте, а на основе полезной мощности обменного процесса, характеризующей внутреннюю полезную работу, направленную против равновесия, давалось описание *континуальной самоорганизации* и определялась мера самоорганизации.

Согласно этому подходу, при взаимодействии индивидуальных каталитических систем в их множествах (макроскопическая система) возникает самоорганизация другого типа, такого же, как и в случае диссипативных структур Пригожина. Такая самоорганизация в соответствии с определением, даваемым Хакеном [7], является кооперативным эффектом взаимодействия множества индивидуальных систем, приводящим к когерентности их поведения. Поэтому в [6] предложено ее называть, в отличие от континуальной самоорганизации индивидуальных микросистем, *когерентной самоорганизацией коллективных макросистем*.

Оба типа самоорганизации имеют одинаковые условия возникновения – неравновесие, одинаковые причины и меры самоорганизации – затрата энергии обменного процесса на внутреннюю полезную работу против равновесия, одинаковые движущие силы – свободная энергия обменного процесса. В то же время неравновесные системы, в которых возникают эти типы самоорганизации принципиально различаются по ряду характеристик и свойств. В частности, способностью к саморазвитию и прогрессивной эволюции с естественным отбором обладают только индивидуальные микрообъекты с континуальной самоорганизацией.

В соответствии с развиваемыми взглядами, *сущность прогрессивной эволюции состоит в саморазвитии континуальной самоорганизации индивидуальных объектов* при положительном приращении общей и полезной мощности обменного процесса, причем континуальная самоорганизация, отражающая неповторимые видовые признаки систем на каждой стадии и уровне эволюции, является главным условием не только динамического существования каждого вида индивидуальных систем, но и их прогрессивной эволюции с естественным отбором наиболее прогрессивных изменений.

Как показано в [6], подход Пригожина не дает возможности перейти с единых теоретических позиций от рассмотрения когерентной самоорганизации макросистем к континуальной самоорганизации индивидуальных микросистем, от описания внешних проявлений самоорганизации к пониманию ее внутреннего молекулярного механизма, причин и движущих сил, а также к рассмотрению связи самоорганизации и саморазвития. Причиной этому послужил неудачный выбор параметров неравновесной открытой системы для описания самоорганизации и связанное с ним неадекватное

действительности представление о физической сущности рассматриваемого явления. Из уравнения, характеризующего потоки энергии, освобождаемые обменным процессом, и трансформируемые в неравновесной открытой системе в стационарном состоянии в связи с самоорганизацией,

$$E = \Theta + Q \quad (1)$$

видно, что действительно могут быть два разных подхода для описания явления самоорганизации и построения неравновесной термодинамики, в одном из которых самоорганизация описывается прямо тем параметром, которым определяется, а в другом – лишь косвенно. Первый связан с использованием потока энергии Θ , идущей на внутреннюю полезную работу против равновесия, которая и приводит к самоорганизации (подход Руденко, неравновесная термодинамика рабочих процессов); второй связан с некомпенсированной теплотой Клаузиуса Q , диссипацией, характеризующей самоорганизацию косвенно, поскольку Q является дополнительным членом к Θ в уравнении (1) (подход Пригожина, неравновесная термодинамика диссипативных процессов). Каждый из этих подходов, как уже говорилось, приводит к разным представлениям о физической сущности явления самоорганизации, в большей или меньшей степени адекватным действительности, и дает неодинаковые возможности для описания двух типов самоорганизации и прогрессивной эволюции с единых позиций.

Ниже дается краткое изложение основных положений теории самоорганизации и саморазвития элементарных открытых каталитических систем (ЭОКС), лежащих в основе концепции эволюционного катализа [3, 4] и общей теории прогрессивной химической эволюции и биогенеза [8-10], которые дают возможность подойти к решению указанных проблем с единых позиций при рассмотрении специфических свойств конкретных объектов химии.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПОРЯДКА ИЗ ХАОСА (УПОРЯДОЧЕНИЕ ХАОСА В ХИМИИ).

Сам факт существования в химии безактивационных и активационных процессов свидетельствует о том, что переход от хаоса к порядку (от совокупности несвязанных компонентов в систему, где эти компоненты связаны между собой) возможен в двух принципиально различающихся направлениях: в направлении равновесного и -неравновесного упорядочения. Равновесное упорядочение, происходящее в соответствии с принципом Больцмана

$$S = k_B \log P \rightarrow \max; \quad G = H - \Delta T \cdot S \rightarrow \min \quad (2)$$

и сопровождающееся выделением энергии ($\Delta G < 0$), будем называть *организацией*. Неравновесное упорядочение, происходящее в соответствии с принципом максимальной полезной работы при максимальном рассеянии свободной энергии обменного процесса

$$I = E > 0; \quad I \cdot r = \Theta > 0; \quad I \cdot t \rightarrow \max; \quad (3)$$

(при $\Theta < E$; $0 < r < 1$)

и сопровождающееся поглощением энергии ($\Theta > 0$) на внутреннюю полезную работу против равновесия, будем называть *самоорганизацией*.

Процесс самоорганизации имеет притивоположную процессу организации энергодинамику. Процесс самоорганизации отличается от процесса организации не только тем, что в первом случае при упорядочении хаоса энергия поглощается ($\Theta > 0$), а во втором выделяется ($\Delta G < 0$), но и направленностью изменений степени неравновесия системы

$$\rho = Y - Y_t, \quad (4)$$

где Y - предельно возможная, Y_t - текущая глубина превращения. При самоорганизации направленность изменений $\Delta\rho \uparrow$ (от равновесия к неравновесию), а при организации – $\Delta\rho \downarrow$ (от неравновесия к равновесию). Процессы самоорганизации и организации имеют разную динамику. При этом после завершения образования объекта с неравновесной организацией требуется затрата энергии, пропорциональная времени существования этого объекта, и он сохраняет свою исходную динамичность. В то же время после завершения образования объекта с равновесной организацией, дальнейшее его существование не сопровождается ни затратой, ни выделением энергии и он теряет динамичность своего образования и становится статическим объектом.

Как следует из сопоставления энергодинамики безактивационного и активационного химических процессов, оба эти химических процесса, в конце концов, приходят к равновесию и образованию продуктов с равновесной структурной организацией (стабильных молекул, комплексов, полимеров, кристаллов). Однако в активационном процессе вначале образуется объект с неравновесной структурной организацией, распад которого и дает конечные равновесные продукты. Все такие объекты химии, воспринимавшиеся ранее в химической кинетике как "переходные состояния", согласно сказанному выше, являются результатом процесса самоорганизации. Активация же является временным удержанием части освобождаемой в процессе энергии и должна измеряться величиной Θ . Энергия же активации, рассматриваемая в кинетике, связана с Θ следующим образом

$$\varepsilon = E - \Theta = Q,$$

т.е. коррелирует с некомпенсированной теплотой необратимого процесса.

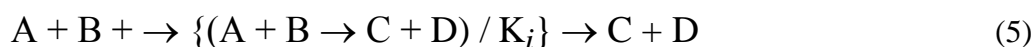
ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ ХИМИИ С НЕРАВНОВЕСНОЙ САМООРГАНИЗАЦИЕЙ ВЕЩЕСТВА.

Если рассматривать не суммарный химический процесс в макросистеме, а реальное его осуществление в виде дискретных химических актов, а так называемые переходные состояния реакции рассматривать в полной динамике их образования и релаксации, включая в них и продукты реакции, приходим к представлению об элементарной химической системе (ЭХС). Все ЭХС являются объектами с неравновесной структурной организацией, т.е. самоорганизованными объектами.

В химии имеются два возможных вида ЭХС – без участия и с участием катализаторов в химическом акте - элементарные некаталитические системы (ЭНС) и

элементарные каталитические системы (ЭКС), соответственно. Так как в определенном объеме возможно протекание цепочки последовательных химических актов за счет поступления исходных веществ и удаления продуктов (т.е. за счет образования открытой системы), следует различать также два возможных типа элементарных открытых химических систем (ЭОХС): некаталитических – ЭОНС и каталитических – ЭОКС.

Образование любых этих ЭХС и ЭОХС связано с неравновесным упорядочением (самоорганизацией всех веществ и элементарных процессов в химических актах или в цепочках их последовательностей). Как показано в [6,9,10], особенности этого упорядочения, механизмы осуществления химической реакции, свойства образующихся систем, в том числе особенности поведения систем при взаимодействии с факторами внешней среды и способность к саморазвитию для ЭНС, ЭКС, ЭОНС и ЭОКС различны. Благодаря наличию в системе катализатора, привязывающего самоорганизацию ЭХС к определенной точке пространства (центр катализа), каталитические ЭХС отличаются от некаталитических не только тем, что в самоорганизации участвует кодирующий фактор, но и в точном воспроизведении самоорганизации каталитических актов (механизма процесса) во всей цепочке повторных актов и в генеалогической связи их в этой последовательности. Это выделяет ЭОКС как реально существующий в ходе базисной реакции объект с неравновесной структурной организацией, обладающий устойчивым неравновесием в течение всего времени его динамического существования, обеспечиваемого обменом веществ и энергии протекающей в нем базисной реакции



На схеме в фигурных скобках выделена ЭОКС, имеющая *кинетическую сферу*, включающую все детали механизма базисной реакции $A + B \rightarrow C + D$, и *конституционную сферу*, включающую центр катализа K_i и все другие сокатализаторы и внестехиометрические компоненты.

Системы типа (5) обладают рядом специфических свойств и особенностей, которые как показано [8,11], ближе стоят к свойствам живых организмов и биологических систем, чем к свойствам равновесных статических объектов, не обладающих самоорганизацией, хотя ЭОКС являются неживыми объектами. С другой стороны, показано [6,9], что именно ЭОКС, и только они, являются единственным типом объектов химии (и микроскопических и макроскопических), которые способны к прогрессивной химической эволюции, завершаемой возникновением жизни.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭКС И ЭОКС, ИХ ДИНАМИЧЕСКОЕ СУЩЕСТВОВАНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ.

В ходе обмена веществ в (5) совершается базисная реакция со скоростью, определяемой абсолютной каталитической активностью

$$a = n/t = 1/t^* = \chi kT/h [c^{-1}] \quad (6)$$

Самоорганизация и прогрессивная химическая эволюция открытых...

где n – число каталитических актов на одном центре катализа в единицу времени; t^* – длительность одного каталитического акта; k – константа Больцмана; h – константа Планка; T – абсолютная температура.

Существование, самоорганизация и саморазвитие ЭОКС происходит при

$$T = \text{const} \quad (7)$$

В каждом каталитическом акте освобождается порция энергии базисной реакции

$$f = -\Delta G^0 / \alpha N_A \text{ [Дж]} \quad (8)$$

где G^0 – стандартный потенциал Гиббса, N_A – число Авогадро.

Для обеспечения не только существования и самоорганизации, но и саморазвития ЭОКС базисная реакция должна характеризоваться параметрами:

$$\Delta G^0 < 0; \lg K_p > 0 \quad (9)$$

т.е. быть экзергонической.

Интенсивность обменного процесса в ЭОКС

$$I = a \cdot f = \chi / \alpha (k/hN_A) T \left| -\Delta G^0 \right| = x H \text{ [Дж/с]} \quad (10)$$

(где x – безразмерная переменная, изменяющаяся от 0 до 1; H – размерная эволюционная постоянная) должна быть больше нуля

$$I > 0 \quad (11)$$

Выражение (11) является критерием динамического существования ЭОКС. При $I = 0$ неравновесная ЭОКС гибнет, распадается на компоненты с равновесной структурной организацией. При

$$I = \text{const} > 0 \quad (12)$$

ЭОКС обладает стационарной устойчивостью тем большей, чем больше I , и проявляет гомеостазис, сопротивление к разрушающему действию случайных внешних факторов, в пределах ее адаптивных способностей.

Принцип гомеостазиса лежит в основе способности ЭОКС реагировать на воздействие случайных факторов внешней среды и связан со свойством целостности, функциональной неделимости, индивидуальности (элементарности) ЭОКС как микрообъекта.

При самоорганизации ЭКС и ЭОКС образуется единый кинетический континуум веществ и элементарных реакций (вещество – процесс). С учетом этого специфического признака самоорганизация индивидуальных ЭОКС может определяться как *континуальная*.

КОНТИНУАЛЬНАЯ САМООРГАНИЗАЦИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЭКС, ЭОКС И ЕЕ МЕРА.

Согласно теории, для каждой природы центра катализа K_j и базисной реакции имеет место определенный механизм обменного процесса в ЭОКС, устойчивый порядок ее функционирования, который отражается в соответствующей континуальной самоорганизации индивидуальной ЭОКС, имеющей видовые признаки в соответствии с

каждым сочетанием K_i и базы или же в соответствии с природой изменений $K_i \rightarrow K_{i+1}$ на постоянной базе. Другими словами, имеет место принцип оптимальной континуальной самоорганизации ЭОКС при протекании в ней базисной реакции на центре катализа K_i определенной природы.

В соответствии с критерием динамического существования (11) и устойчивости (12) и принципом неравновесного упорядочения (3), континуальная самоорганизация ЭКС (ЭОКС) имеет энергетическую природу и связана с внутренней полезной работой

$$\Theta > 0 \quad (13)$$

против равновесия, осуществляемой частью потока свободной энергии обменного процесса (1). Связь самоорганизации ЭОКС с Θ очевидна, так как при $\Theta \rightarrow 0$ самоорганизации нет, хотя устойчивость системы, определяемая

$$I \equiv E > 0,$$

может быть высокой, и система будет динамически существовать при минимальной самоорганизации, характеризуемой минимальным коэффициентом полезного использования энергии на внутреннюю полезную работу

$$r = \Theta/E \rightarrow 0 \quad (14)$$

С другой стороны, при $\Theta \rightarrow \max$, когда

$$r = \Theta/E \rightarrow 1 \quad (15)$$

самоорганизация ЭОКС максимально высока.

Следовательно, мерой самоорганизации является сама внутренняя полезная работа базисного процесса в ЭОКС против равновесия (Θ) или функции от нее (r) и др. Самоорганизацию косвенным образом можно измерить диссипацией Q и связанными с нею функциями $Q/T = S$, $dS/dt = P$, $TdS/dt = \Psi$, используемыми в подходе Пригожина, так как член Q в уравнении (1) является дополнительным к Θ и также в какой-то мере отражает самоорганизацию. При этом отсутствие прямого соответствия самоорганизации и диссипации будет не сильно заметно при соизмеримости мощностей потоков Θ и Q в (1). Однако в ходе саморазвития ЭОКС, когда доли этих потоков изменяются в пользу Θ , причем

$$\Theta \rightarrow E; \quad Q \rightarrow 0; \quad \eta = Q/E \rightarrow 0, \quad (16)$$

самоорганизация растет при уменьшении диссипации, что доказывает отсутствие прямой связи самоорганизации с диссипацией и одновременно свидетельствует о том, что необратимость не является условием самоорганизации. Ибо степень необратимости η при этом стремится к нулю, а самоорганизация не только не прекращается, а достигает максимальных значений.

Энергодинамика образования и релаксации неравновесной ЭКС в ходе ее континуальной самоорганизации выглядит следующим образом. В течение времени t^* , характеризующем длительность одного каталитического акта (собственное время существования ЭКС), происходит образование неравновесной организации, причем

затрачивается поток энергии Θ и бесполезно рассеивается поток Q . При полном исчерпании импульса освобожденной энергии E начинается стадия релаксации неравновесной организации ЭОКС с образованием равновесных продуктов базисной реакции и диссипацией временно задержанной на полезную работу энергии Θ

$$\Theta = Q_{\Theta} = Q_{\Theta T} + Q_{\Theta X}, \quad (17)$$

где Q_{Θ} - полезная диссипация; $Q_{\Theta T}$ - поток теплового излучения черного тела; $Q_{\Theta X}$ - поток характеристических излучений.

В ЭОКС происходит чередование стадий образования и релаксации ЭОКС, при точном воспроизведении континуальной самоорганизации в каждом каталитическом акте и система приобретает свойство устойчивого неравновесия при динамическом существовании в ходе обмена веществ и энергии в базисной реакции.

В отличие от Q в (1) поток Q_{Θ} в (17) является полезно рассеиваемой энергией, диссипирующей после совершения полезной работы, а кинетической сфере ЭОКС. При этом вся энергия Θ , временно задержанная на совершение внутренней полезной работы, диссипирует. Однако если происходит эволюционное изменение ЭОКС (см. ниже), энергия Θ , затрачиваемая на внутреннюю полезную работу, распределяется между кинетической и конституционной сферой

$$\Theta = (1 - p) \Theta + p \Theta, \quad (18)$$

где p - вероятность эволюционного изменения $K_i \rightarrow K_{i+1}$, причем после релаксации неравновесной организации диссипирует лишь энергия, затраченная на самоорганизацию кинетической сферы

$$(1 - p) \Theta = Q_{\Theta} \quad (19)$$

а энергия, затраченная на эволюцию конституционной сферы, не диссипирует и остается в системе в виде неравновесно связанной внутренней энергии

$$p \Theta = U_{\Theta} \quad (20)$$

Учитывая, что поток освоюющей в базисной реакции энергии

$$E = \Delta G^* \quad (21)$$

связан с потоком энтальпии ΔH^{*0} и потоком равновесно связанной внутренней энергии $T\Delta S^{*0}$ в условиях изотермичности можно описывать как динамическое существование ЭОКС, так и их самоорганизацию и саморазвитие в ходе эволюционных изменений природы $K_i \rightarrow K_{i+1}$ при помощи соотношений неравновесной термодинамики (см. также [6]):

$$\begin{aligned} \Delta H^{*0} &= \Delta G^{*0} - T\Delta S^{*0} \\ &= E - T\Delta S^{*0} \\ &= \Theta + Q - T\Delta S^{*0} \\ &= Q_{\Theta} + Q - T\Delta S^{*0} \\ &= \Theta(1 - p) + p\Theta + Q - T\Delta S^{*0} \\ &= Q_{\Theta} + U_{\Theta} + Q - T\Delta S^{*0} \end{aligned} \quad (22)$$

$$t^* = Q_{\Theta X} + Q_{\Theta T} + U_{\Theta} + Q - T\Delta S^{*0}$$

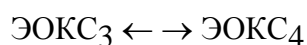
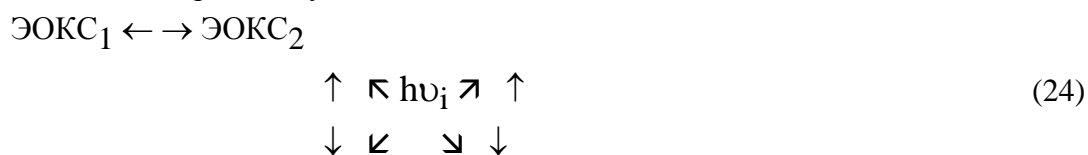
Как видно из последовательности стадий освобождения энергии обменного процесса и ее трансформации в ЭКС (ЭОКС) в ходе динамического существования, самоорганизации и эволюции, осуществление всех этих процессов связано лишь с трансформациями потока освобождаемой в базисной реакции свободной энергии (21). Остаются вне рамок этой связи постоянные потоки энтальпии ΔH^{*0} и равновесно связанной энергии $T\Delta S^{*0}$, а также поток бесполезно рассеиваемой энергии Q . Из (22) видно также, что процессы самоорганизации и эволюции совершаются за счет части энергии, освобожденной в базисной реакции.

КОГЕРЕНТНАЯ САМООРГАНИЗАЦИЯ МНОЖЕСТВА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЭОКС.

Как показано в [6, 12], индивидуальные ЭОКС могут взаимодействовать друг с другом и воспринимать друг друга как действие факторов внешней среды, влияющее на их кинетическую сферу. Взаимодействие ЭОКС во множестве может быть как *близкодействующим* в случае соприкосновения и частичного объединения их кинетических сфер, так и *дальнодействующим* в случае резонансного действия характеристических релаксационных излучений ($Q_{\Theta X}$) одних ЭОКС на другие однородные ЭОКС, имеющие те же неравновесные структуры, которые дали при релаксации фотоны:

$$h\nu_i = \Sigma Q_{\Theta X} \quad (23)$$

В последнем случае во множестве ЭОКС (M -ЭОКС) произойдет кооперативное взаимодействие ЭОКС с синхронизацией их внутренних процессов во множестве, приводящее к их когерентному поведению



Возникает именно тот механизм кооперативного взаимодействия индивидуальных осцилляторов, приводящий к когерентному поведению всего множества, который принимал Хакен [7] для самоорганизации макросистем, названный им синергетикой.

Это другой тип самоорганизации по сравнению с рассмотренной выше континуальной самоорганизацией ЭОКС, подчиненный континуальной самоорганизации и происходящий за счет части энергии, рассеиваемой в континуальной самоорганизации. Ибо энергия характеристических излучений $Q_{\Theta X}$ составляет едва ли 10% от энергии Θ , потребляемой на континуальную самоорганизацию. Общей у этих двух типов самоорганизации является их суть, связанная с затратой энергии на внутреннюю полезную работу против равновесия и направленность процесса от равновесия к неравновесию ($\Delta p \uparrow$). Однако ряд свойств

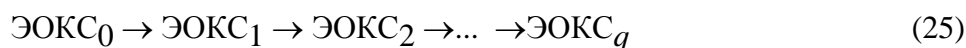
объектов, обладающих этими типами самоорганизации, диаметрально различны, что можно видеть из их сопоставления для индивидуальных ЭОКС и М-ЭОКС (табл. 1).

Существует множество экспериментальных наблюдений проявления того и другого типа самоорганизации в области каталитической химии, полученных при исследовании кинетики и механизмов каталитических реакций и эффектов неаддитивности действия многокомпонентных систем с несколькими катализаторами и несколькими реакциями, а также существует множество наблюдений проявления континуальной и когерентной самоорганизации в области физики, биологии и человеческой деятельности, рассмотрение которых заслуживает специального внимания.

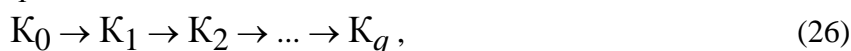
САМОРАЗВИТИЕ ЭОКС И ПРОЦЕССЫ ХИМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ.

При взаимодействии системы (5) со случайными факторами внешней среды (примесями к исходным веществам базисной реакции, светом и другим электромагнитным излучением, ионизирующими частицами, электрическим, магнитным и прочими полями) ЭОКС претерпевает адаптивные реакции на эти воздействия. При этом возможны обратимые изменения ЭОКС, если воздействия затрагивают кинетическую сферу, в которых ЭОКС приспосабливается к действию этих факторов, сохраняя свой гомеостазис. Возможны также необратимые изменения, если воздействия затрагивают конституционную сферу $K_i \rightarrow K_{i+1}$, которые приводят к адекватным изменениям кинетической сферы $a_i \rightarrow a_{i+1}$. Необратимые изменения являются бифуркационными, так как имеют два возможных результата, принципиально важных для дальнейшего динамического существования ЭОКС. Если при изменении $a_i \rightarrow a_{i+1}$ каталитическая активность становится $a_{i+1} = 0$, ЭОКС прекращает существование, так как $I = af = 0$, и распадается. Это *неэволюционное изменение* $K_i \rightarrow K_{i+1}$. Если же при изменении $a_i \rightarrow a_{i+1}$ каталитическая активность $a_{i+1} > 0$, $a_{i+1} >$, = или $< a_i$, ЭОКС продолжает существовать на новом уровне ее энергетического потенциала $I = a_{i+1} f > 0$ и имеет возможность претерпевать новое необратимое изменение. Это *эволюционное изменение* $K_i \rightarrow K_{i+1}$.

В условиях длительного существования ЭОКС на постоянной базе и действия разнообразных факторов внешней среды произойдет *первичный естественный отбор* эволюционных изменений ЭОКС от неэволюционных, ибо базисная реакция будет протекать только в системах, претерпевших эволюционные изменения. При этом выявятся цепи эволюционных изменений ЭОКС



и их конституционной сферы



которые являются процессами *химической эволюции*. Так как каждому эволюционному изменению $K_i \rightarrow K_{i+1}$ соответствует оптимальная континуальная самоорганизация в

процессе химической эволюции, совершаемой на постоянной базисной реакции, будет иметь место *саморазвитие континуальной самоорганизации индивидуальных ЭОКС*.

В работах [4,6,8-11] подробно рассмотрены условия и закономерности саморазвития открытых каталитических систем. Здесь отметим лишь законы, определяющие реализацию длинных цепей химической эволюции (26). Это феноменологические законы развития:

Таблица 1. Специфические признаки микроскопических ЭОКС и сопряженных с ними макроскопических М-ЭОКС

Признаки	ЭОКС	М-ЭОКС
Индивидуальность	элементарность	множественность
Целостность	функциональная неделимость	функциональная делимость
Пространственная локализация	корпускулярность	полевые свойства
Однородность компонентов	компоненты качественно разнородны	компоненты однородны
Взаимозамещаемость компонентов	компоненты не замещают друг друга и несут самостоятельную функцию	компоненты заменяют друг друга
Сила взаимодействия компонентов	сильное взаимодействие с появлением нового качества	слабое взаимодействие информационного характера без появления нового качества
Результат взаимодействия компонентов	образование кинетического континуума веществ и процессов	возникновение согласованного когерентного поведения составляющих компонентов
Механизм взаимодействия при неравновесном упорядочении	синкретический	синергический
Тип самоорганизации	континуальный	когерентный
Саморазвитие самоорганизации	есть	нет
Специфика проявления самоорганизации в разных объектах данной группы	тождественная индивидуальность континуальной самоорганизации однородных ЭОКС и видовые различия разнородных ЭОКС	неспецифичность проявления когерентной самоорганизации в разных по размеру множествах и в разных по уровню развития макрообъектах

- вероятностный (стохастический);
- кинетический (деятельностный);
- энергетический (энергодинамический);
- информационный (генетический),

определяющие возможность эволюции (25,26) и необходимые для этого условия, связанные со свойствами исходных K_i и факторов внешней среды, а также с соблюдением принципов динамического существования и континуальной самоорганизации ЭОКС. Однако эти законы не определяют ни причин, ни движущих сил, ни направленности эволюции и механизма действия вторичного естественного отбора на максимальную прогрессивность эволюционных изменений в ряду (25, 26). Это определяет лишь основной закон прогрессивной эволюции.

ОСНОВНОЙ ЗАКОН ПРОГРЕССИВНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ, ЕЕ ПРИЧИНЫ И ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ.

Основной закон эволюции выводится на основе количественного описания всех возможных путей химической эволюции и сопоставления характеристик разных путей по определенному признаку [4]. В поле случайных марковских процессов рассматривается эволюционная функция пути в координатах, соответствующих цепи эволюции (26) и степени развития

$$j = \log_{k_g} a_i = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots, \quad (27)$$

определяемой из кинетического закона развития экспоненциального вида

$$a_i = a_0 k_g^j, \quad (28)$$

где a_i - среднее арифметическое значение a_i на эволюционной стадии i ; k_g - среднее геометрическое значение коэффициента развития g . При этом получается известная в литературе [4, 6, 7 и др.] треугольная кинетическая диаграмма, описывающая путь развития в виде изменений целочисленных значений степени развития, с помощью которой можно вычислить изменения разных параметров, в том числе скоростей и вероятностей эволюции по каждому пути с ограничением времени или числа эволюционных стадий.

Сопоставление полученных значений этих параметров для разных путей развития показывает, что с наибольшей скоростью или с наибольшей вероятностью осуществляются те пути эволюции (26), которые приводят к максимальным величинам абсолютной каталитической активности (6) или ее функций (например (10)). Это и есть основной закон прогрессивной эволюции, который в аналитической форме приобретает вид

$$\Delta I / \Delta t > 0, \text{ [Дж/с}^2\text{]} \quad (29)$$

и означает приращение энергетического потенциала (общей мощности) базисной реакции в ходе прогрессивной эволюции. Если в ходе химической эволюции происходящие изменения $K_i \rightarrow K_{i+1}$ приводят к

$$\Delta I / \Delta t < 0, \quad (30)$$

имеем регрессивную эволюцию; если же

$$\Delta I / \Delta t = 0, \quad (31)$$

имеем нулевую эволюцию, которая наблюдается при достижении и преодолении кинетических пределов развития.

В ряде работ [4, 6, 8, 9] приведены диаграммы развития ЭОКС с разными значениями k_g , которые показывают, что саморазвитие ЭОКС действительно устремляется в направлении наиболее прогрессивных изменений $K_i \rightarrow K_{i+1}$, что селективность естественного отбора ЭОКС по наиболее прогрессивным путям значительно выше, чем по менее прогрессивным или регрессивным. Например, отношения вероятностей эволюции по наиболее прогрессивному и наиболее регрессивному путям до седьмой эволюционной стадии равно k_g^{42} .

Из сказанного выше видно, что вторичный естественный отбор наиболее прогрессивных эволюционных изменений $K_i \rightarrow K_{i+1}$ связан с более интенсивным протеканием базисной реакции в ЭОКС с такими изменениями, т.е. происходит самопроизвольно и автоматически, как и первичный отбор на выживание ЭОКС. Фактором отбора является протекание базисной реакции. Очевидно также, что условием осуществления химической эволюции является устойчивое динамическое существование ЭОКС в ходе обмена энергии базисной реакции, причиной эволюции являются необратимые изменения $K_i \rightarrow K_{i+1}$, а движущей силой механизма отбора является самоускорение базисной реакции, характеризующееся приращением мощности обменного процесса (29). Следовательно, прогрессивная направленность вторичного естественного отбора определяется не сутью изменений природы $K_i \rightarrow K_{i+1}$, а функциональной активностью ЭОКС при соответствующих изменениях $K_i \rightarrow K_{i+1}$, т.е. кинетическими и энергетическими факторами, и имеет энергетическую природу.

ПРОГРЕССИВНАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ И ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЖИЗНИ.

Из общей теории прогрессивной химической эволюции и биогенеза, разработанной на основе концепции эволюционного катализа [4] и опубликованной в [8-10], следует, что происходящие в химической эволюции последовательные изменения состава, структуры и континуальной самоорганизации ЭОКС ограничены вероятностными и кинетическими пределами развития. Вероятностные пределы, определяющие возможность дальнейших изменений $K_i \rightarrow K_{i+1}$ после каждого эволюционного изменения, зависят от природы K_i и факторов внешней среды, вызывающих изменения, а также от возможного многообразия этих изменений, связанного со свойствами этой среды. Кинетические пределы, ограниченные возможностями изменений функциональной активности при определенной природе $K_i \rightarrow K_{i+1}$, зависят от кинетических условий обмена веществ базисной реакции и обеспеченности существования ЭОКС исходными веществами базы.

В ходе эволюции вероятностные и кинетические пределы развития преодолеваются в результате формирования новых свойств и функций ЭОКС и естественного отбора этих изменений в соответствии с основным законом эволюции. При этом старые свойства и функции сохраняются и действует принцип преемственности старых и дополнительности новых свойств. В прогрессивной эволюции действует механизм последовательного формирования новых свойств и функций ЭОКС, при котором усложняются не только состав и структура, но и функциональные особенности химического поведения ЭОКС. Так как на каждом этапе и стадии эволюции имеет место строго детерминированная природой K_i и базы оптимальная континуальная самоорганизация ЭОКС, в ходе прогрессивной эволюции происходит также строго детерминированное саморазвитие континуальной самоорганизации. При этом эволюция проходит определенные (в физико-химическом плане) естественные этапы и происходит последовательное формирование строго определенных свойств и функций. Свойства и функции все более усложняются, а химическое поведение индивидуальных ЭОКС все более приближается к поведению живых организмов. Описание механизмов преодоления пределов и формирования свойств можно найти в [4, 6, 8-11 и др.].

При переходе от неживых ЭОКС к первичным живым организмам наибольший вклад вносит формирование новых свойств и функций при преодолении кинетических пределов (КП): I КП - температурного характера и II КП - концентрационного характера. Этими пределами ход химической эволюции делится на ее естественные этапы (первичную и предбиологическую эволюцию) и происходит разграничение химической и биологической эволюции. Вместе с тем определяется физико-химический критерий жизни, связанный с формированием новых свойств и функций ЭОКС при преодолении II КП между химической и биологической эволюцией.

Естественные этапы эволюции:

Первичная химическая эволюция – от нуля-пункта формирования ЭОКС в ходе базисной реакции до I КП.

Предбиологическая химическая эволюция – от I КП, при формировании свойства однородного роста с умножением каталитических функций, до II КП.

Биологическая эволюция – от преодоления II КП, при формировании свойства точной пространственной редупликации индивидуальных ЭОКС (свойства размножения), и переходом к нулевой биологической эволюции в условиях перманентного III КП экологического характера.

При преодолении КП меняется закон развития ЭОКС, параметры естественного отбора, характер естественного отбора и темп эволюции. Так, в ходе первичной химической эволюции в результате предельного совершенствования механизма базисного процесса создаются максимально активные и селективные белковые катализаторы ферментного типа. При этом абсолютная каталитическая активность (6) достигает максимального значения и степень развития (27) не может увеличиться ни при каких изменениях $K_i \rightarrow K_{i+1}$. Кинетический закон развития (28) перестает действовать, так как

$$\lim a_i = k_g^{j_{\max}} = \text{const} \quad (32)$$

Достигается I КП, так как дальнейший рост a_i ограничивается предельной частотой элементарных процессов kT/h , зависящей от температуры (см. (7)).

В предбиологической эволюции после преодоления I КП, состоящего в формировании механизма матричного синтеза всех катализаторов и внестехиометрических компонентов ЭОКС и в образовании параллельных линий осуществления базисной реакции с числом $\lambda = 2, 3, 4$ и т.д., ЭОКС приобретает принципиально новое свойство – однородный рост с увеличением массы системы и числа однородных функций, а следовательно, и мощности обменного процесса (10) в λ раз.

В законе развития появляется новая переменная λ

$$a_{i\lambda} = (a_0 k_g^{j_{\max}}) \lambda \quad (33)$$

Рост числа λ и производительности ЭОКС на этом этапе ограничивается II КП, связанным с диффузионным торможением обмена веществ базы на входах и выходах системы

$$a_{i\lambda} = (a_0 k_g^{j_{\max}}) \lambda_{\max} = \text{const} \quad (34)$$

В биологической эволюции после преодоления II КП, связанного с формированием свойств точной пространственной редупликации (размножения) индивидуальных ЭОКС действует следующий закон развития

$$a_{i\lambda\nu} = (a_0 k_g^{j_{\max}}) \lambda_{\max} 2^\nu, \quad (35)$$

где переменная ν имеет физический смысл числа поколений популяций "живой ЭОКС" между стадиями эволюционных изменений. При этом химическая эволюция завершается и на той же материальной основе продолжается биологическая эволюция живых организмов. При преодолении II КП не только появляется свойство размножения и возникает жизнь, но и изменяется кинетический закон и темп эволюции, изменяются параметры естественного отбора и характер естественного отбора. Отбор становится дарвиновским (отбор изменений популяций), в то время как в химической эволюции происходил отбор изменений индивидуальных ЭОКС. В биологической эволюции при появлении первого живого организма и его предельном (по экологическим соображениям) размножении

$$2^\nu \rightarrow 2^{\nu_{\max}} = \text{const} \quad (36)$$

достигается III КП экологического характера и вся дальнейшая биологическая эволюция протекает как нулевая в условиях перманентного III КП, который биологическая эволюция пыталась преодолеть путем формирования новых видов жизни, освоения новых источников питания и энергии, а также расширения экологических ниш обитания, но так и не преодолела его.

ЗНАЧЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ ЭВОЛЮЦИОННОГО КАТАЛИЗА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ МИРА.

Как уже отмечалось в [6, 12 и др.], рассмотрение проблем самоорганизации и прогрессивной эволюции на конкретном материале эволюционного катализа дает

уникальную возможность исследовать все эти явления в близких условиях, количественно описать их физическую суть и связи между ними. Найденное понимание сути явлений самоорганизации и саморазвития, установленные законы существования, самоорганизации и саморазвития неравновесных ЭОКС благодаря их описанию при помощи кинетических и энергетических параметров, т.е. физических параметров - общих для описания аналогичных параметров на всех уровнях развития материи (ядерном, физическом, биологическом и психо-социальном), может быть использовано для классификации материальных объектов мира.

Такая классификация (см. табл. 2,3) не только определяет место явлениям самоорганизации и прогрессивной эволюции, но и позволяет увидеть весь мир с новой точки зрения, с учетом явлений упорядочения хаоса, разных типов самоорганизации и разных видов эволюции. Согласно такой классификации [13, 14], наиболее фундаментальным подразделением объектов мира является подразделение их на мир объектов с неравновесным и равновесным упорядочением вещества.

Таблица 2. Общие признаки индивидуальных и коллективных объектов с неравновесным и равновесным структурным упорядочением вещества

Признаки объекта	Принцип упорядочения	
	Неравновесный	равновесный
Тип упорядочения	самоорганизация	организация
Тип устойчивости	динамический	статический
Направленность изменений при образовании объекта	к неравновесию	к равновесию
Энергодинамика	энергия затрачивается	Энергия выделяется
Взаимоотношения объекта со средой	Динамические открытые системы (ОС), существующие в ходе обмена веществ и энергии	стабильные закрытые системы без обмена веществ; ОС статического типа устойчивости
Характер внутренних циклических процессов	необратимые, затухающие, использующие энергию обменного процесса на свое поддержание на стационарном уровне	Обратимые, незатухающие, нерассеивающие энергию внутреннего процесса
Характер структуры	неравновесная структурно-функциональная организация, формирующаяся в обменном процессе	Равновесная структура как устойчивый порядок взаимодействия частиц в пространстве

Таблица 3. Специфические признаки индивидуальных (микро-) и коллективных (макро-) объектов с неравновесным и равновесным упорядочением вещества.

Признаки объектов	Принцип упорядочения			
	неравновесный		равновесный	
Ранг организации	микро-	макро-	микро-	макро-
Тип самоорганизации	Континентальный (синкретический)	когерентный (синергический)	нет	нет
Тип эволюции	прогрессивная эволюция к неравновесию с формированием новых качеств	эволюция к равновесию без формирования новых качеств	отсутствие эволюции	эволюция к равновесию без формирования новых качеств
Естественный отбор	есть	нет	нет	нет

Подразделение же мира на микро- и макромиры является не только вторичным, ибо существуют микро- и макрообъекты среди объектов, как с неравновесным, так и с равновесным упорядочением, но и не имеет абсолютного значения. Подразделения на микро- и макрообъекты всегда относительны и имеют смысл только для сопряженных парродственных объектов: для каждого индивидуального функционально-неделимого микрообъекта существует макрообъект в виде множества (коллектива) индивидуальных объектов. Соотношение между микро- и макрообъектами всегда соответствует соотношению между индивидуальностью и коллективностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. – М.: Мир, 1974.
2. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных структурах. – М.: Мир, 1979.
3. Руденко А.П. Саморазвивающиеся каталитические системы // Докл. АН СССР. – 1964. – Т. 159. – С. 1374-1377.
4. Руденко А.П. Теория саморазвития открытых каталитических систем. – М.: изд-во МГУ, 1969. – 262с.
5. Щербаков А.С. Самоорганизация материи в неживой природе (философские аспекты синергетики). – М.: Изд-во МГУ, 1990.
6. Руденко А.П. Самоорганизация и прогрессивная эволюция в природных процессах в аспекте концепции эволюционного катализа // Росс. хим. журнал. – 1995. – Т. 39, № 2. – С. 55-71.
7. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980.
8. Руденко А.П. Эволюционная химия и естественно-исторический подход к проблеме происхождения жизни // Журнал ВХО им. Д.И.Менделеева. – 1980. – Т. 25, № 4. – С. 390-404.

9. Руденко А.П. Физико-химические основания химической эволюции. I. Объекты химической эволюции //Журн. физ. химии. – 1983. – Т.57, № 7. – С.1597-1608; N 11. – С.2641-2658.

10. Руденко А.П. Физико-химические основания химической эволюции. III. Эволюционный потенциал элементарных открытых каталитических систем // Журн. физ. химии. – 1987. – Т. 61, № 6. – С.1457-1471.

11. Руденко А.П. Эволюционный катализ и проблема происхождения жизни. В кн.: Взаимодействие методов естественных наук в познании жизни. – М.: Наука, 1976. – С. 186-235.

12. Руденко А.П. Самоорганизация и саморазвитие индивидуальных и коллективных неравновесных систем. В кн.: Анализ систем на пороге XXI века: теория и практика (Материалы Международной конференции). – Т. 3. – М.: Интеллект, 1997. – С.127-135.

13. Руденко А.П. Теория и методология систем с циклической формой внутренних процессов с учетом проблем развития материи. В сб.: Циклы природы и общества (Материалы IV Международной конференции). – Ч.II. – Ставрополь: изд-во Ставропольского ун-та, 1996. – С. 11-20.

14. Руденко А.П. Равновесная и неравновесная структурная организация природных объектов как основа их системной классификации. В сб.: Нетрадиционные вопросы геологии. – М.: РОСТ, 1999.

SELF-ORGANIZATION AND PROGRESSIVE CHEMICAL EVOLUTION OF THE OPEN CATALYTIC SYSTEMS

A.P. Rudenko (Dr. Sci. (Chem.), prof.)

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Annotation. The physical essence of the phenomenon of self-organization is considered on the basis of two approaches that link this essence with dissipation (I. Prigozhin and his followers) or with internal useful work against equilibrium (the concept of evolutionary catalysis of the author). It is shown that self-organization (nonequilibrium ordering) is one of the two fundamental elementary processes of nature, which differ in their physical principles. With nonequilibrium ordering, the degree of nonequilibrium increases and energy is expended, and with equilibrium ordering (organization), the degree of nonequilibrium decreases and energy is released. Both processes are interrelated and have different visible proportions of manifestations in complex phenomena. It is shown that there are two types of self-organization: continuum for individual (micro=) systems and coherent for collective (macro=) open systems; progressive evolution with natural selection is possible only as self-development of continuum self-organization of individual systems. The current situation with the science of self-organization is considered. The limitations of the definition of this science as synergetics by Haken and possible ways of solving the problem are shown. Undesirable trends in the development of modern synergetics leading either to the loss of the subject of this science or to the loss of the scientific status of this field are indicated.

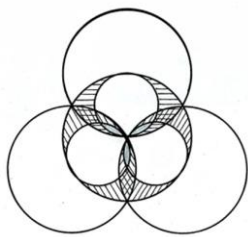
Key words: self-organization, organization, nonequilibrium, equilibrium.

REFERENCES

1. Glensdorf P., Prigozhin I. Termodinamicheskaya teoriya struktury, ustojchivosti i fluktuatsij. M.: Mir, 1974.
2. Nikolis G., Prigozhin I. Samoorganizatsiya v neravnovesnykh strukturakh. M.: Mir, 1979.
3. Rudenko A.P. Samorazvivayushhiesya kataliticheskie sistemy. *Dokl. AN SSSR*, 1964, vol. 159, pp. 1374-1377.

4. Rudenko A.P. Teoriya samorazvitiya otkrytykh kataliticheskikh sistem. M.: izd-vo MGU, 1969, 262 p.
5. SHHerbakov A.S. Samoorganizatsiya materii v nezhivoj prirode (filosofskie aspekty sinergetiki). M.: Izd-vo MGU, 1990.
6. Rudenko A.P. Samoorganizatsiya i progressivnaya ehvolyutsiya v prirodnykh protsessakh v aspekte kontseptsii ehvolyutsionnogo kataliza. *Ross. khim. Zhurnal*, 1995, vol. 39, no. 2, pp. 55-71.
7. Haken G. Sinergetika. M.: Mir, 1980.
8. Rudenko A.P. EHvolyutsionnaya khimiya i estestvenno-istoricheskij podkhod k probleme proiskhozhdeniya zhizni. *ZHurnal VKHO im. D.I.Mendeleeva*, 1980, vol. 25, no. 4, pp. 390-404.
9. Rudenko A.P. Fiziko-khimicheskie osnovaniya khimicheskoy ehvolyutsii. I. Ob"ekty khimicheskoy ehvolyutsii. *ZHurn. fiz. khimii.*, 1983, vol. 57, no. 7, pp. 1597-1608; no. 11, pp. 2641-2658.
10. Rudenko A.P. Fiziko-khimicheskie osnovaniya khimicheskoy ehvolyutsii. III. EHvolyutsionnyj potentsial ehlementarnykh otkrytykh kataliticheskikh system. *ZHurn. fiz. khimii.*, 1987, vol. 61, no. 6, pp. 1457-1471.
11. Rudenko A.P. EHvolyutsionnyj kataliz i problema proiskhozhdeniya zhizni. V kn.: *Vzamodejstvie metodov estestvennykh nauk v poznanii zhizni*. M.: Nauka, 1976, pp. 186-235.
12. Rudenko A.P. Samoorganizatsiya i samorazvitie individual'nykh i kollektivnykh neravnovesnykh sistem. V kn.: *Analiz sistem na poroge XXI veka: teoriya i praktika (Materialy Mezhdunarodnoj konferentsii)*. vol. 3. M.: Intellekt, 1997, pp. 127-135.
13. Rudenko A.P. Teoriya i metodologiya sistem s tsiklicheskoj formoj vnutrennikh protsessov s uchetom problem razvitiya materii. V sb.: *TSikly prirody i obshhestva (Materialy IY Mezhdunarodnoj konferentsii)*. CH.II. Stavropol': izd-vo Stavropol'skogo un-ta, 1996, pp. 11-20.
14. Rudenko A.P. Ravnovesnaya i neravnovesnaya strukturnaya organizatsiya prirodnykh ob"ektov kak osnova ikh sistemnoj klassifikatsii. V sb.: *Netraditsionnye voprosy geologii*. M.: ROST, 1999..

УДК 551.461.6



**О ВОЗМОЖНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ
МУЛЬТИДЕКАДНОГО КОЛЕБАНИЯ В КЛИМАТИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЕ ЗЕМЛИ**

Федоров В.М.¹ (к.г.н., в.н.с.)

Фролов Д.М.² (н.с.)

МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический ф-т, Москва, РФ;

¹fedorov.msu@mail.ru; ²denisfrolov@mail.ru

Аннотация. Исследуется физическая природа Северо-Атлантической осцилляции и 60-ти летнего колебания в климатической системе Земли. Доказано, что Северо-Атлантическая осцилляция является региональным проявлением 60-ти летнего колебания, характерного для системы океан – атмосфера. Определена гравитационная природа 60-ти летнего колебания в климатической системе Земли. Показано, что 60-ти летнее колебание возникает в океане и может быть результатом синхронизации и резонансного усиления 60-ти летней периодичности генерируемой в окружающем Землю пространстве соизмеримостью в средних движениях Юпитера и Сатурна вокруг Солнца.

Ключевые слова. Инсоляция, регрессионная модель, расхождения, корреляция, мультидекадная осцилляция, соизмеримость, орбитальный резонанс.

Более 2/3 поверхности Земли занято Мировым океаном, обладающим большой теплоемкостью и являющимся основным поставщиком водяного пара (основного парникового газа) в атмосферу. Океан активно обменивается веществом (водяной пар – испарение, атмосферные осадки) и энергией (теплом) с атмосферой. Поэтому велика его роль в формировании и изменении климата Земли. Теплообмен океана с атмосферой во многом определяется температурой поверхности океана (ТПО), которая в свою очередь тесно связана с инсоляцией [13, 15, 17-19]. «Как бы ни были разнообразны и, разнохарактерны периодические движения, возникающие в водах мирового океана, корни их кроются обычно в одном и том же: лучистой энергии Солнца [23, С. 7].

В настоящее время под мультидекадным колебанием понимается Североатлантическая осцилляция и выделяемое многими исследователями 60-ти летнее колебание в климатической системе (в океане и атмосфере). Североатлантическая осцилляция (Atlantic multidecadal oscillation – АМО) – колебание в климатической системе Земли, отражающее периодическую изменчивость температуры поверхности океана в Северной Атлантике, была обнаружена в 1994 году М. Шлезингером и Н. Раманкутти [31]. Эти колебания с периодом в среднем около 65 – 70 лет подтверждаются историческими наблюдениями и модельными расчетами [25, 26]. Однако, единства мнений относительно амплитуды и генезиса этого явления пока не существует. Оценкой Североатлантической осцилляции является индекс АМО, представляющий собой аномалию температуры поверхности океана (ТПО) в этом районе относительно среднего значения за период с 1951 по 1980 гг. [34]. Отмечается корреляция температуры воздуха, атмосферных осадков и активности ураганов с индексом Североатлантической осцилляции на большей части северного полушария, в особенности в Северной Америке, Северной Африке и в Европе [29, 32, 33]. Моделирование и прогнозирование изменения климата требует знания пространственных и временных особенностей этой мультидекадной изменчивости и ее причин.

Ранее на основе регрессионной модели по данным инсоляции были рассчитаны значения ТПО и ПТВ на период с 1900 по 2016 гг. [13, 15, 16-18, 27]. Проведенное

сравнение рассчитанных и фактических значений ПТВ Земли и температуры поверхности Мирового океана (ТПО) показывает, что существуют группы фактических значений (продолжительностью в среднем около 30 лет на интервале 1900 – 2016 гг.), превышающие рассчитанные значения, либо уступающие им. Отмеченные для ПТВ и ТПО колебания происходят (в атмосфере и поверхностном слое океана) синхронно. Ряды значений расхождения фактических с расчетными значениями аномалии ПТВ и ТПО тесно связаны. Значение R для рядов ТПО и ПТВ с 1900 по 2016 гг. составляет 0,820, для рядов с 1850 по 2016 гг. – 0,839. Таким образом, в разности рассчитанных (по данным инсоляции) и фактических значений аномалии ПТВ и ТПО четко выделяется мультидекадное колебание с периодом около 60-ти лет [18].

Колебание с периодом около 60-ти лет также выявляется вейвлет анализом данных аномалии ПТВ приведенных в архиве HadCRUT3 (рис. 1). При спектральном анализе архива HadCRUT3 выявляются два четких максимума спектральной плотности вблизи периодов 60 и 20 лет [10, 11].

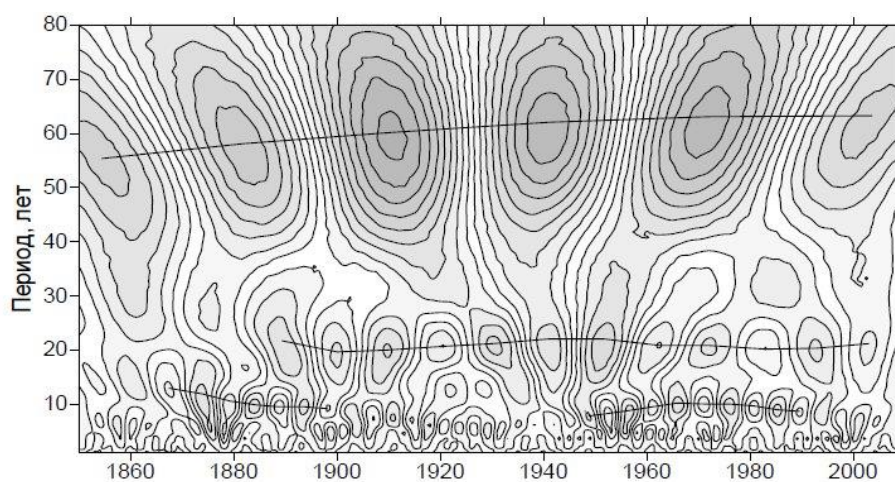


Рис. 1. Вейвлет–разложение ряда аномалии ПТВ [10].

В связи с тем, что данные по АМО представлены в архиве с 1856 г. [34], сравнение их с полученными нами расхождениями фактических и рассчитанных значений ТПО северного полушария проводилось в интервале с 1856 по 2016 гг. (рис. 2).

Представленные на рис. 2 величины расхождения показывают, что существуют группы фактических значений аномалии (продолжительностью на данном интервале в среднем около 30 лет) расположенные либо выше рассчитанных значений аномалии, либо ниже. Сходные группы выделяются и для полушарий. Хронологически эти группы (фазы), вероятно, синхронизируются с выделяемыми в типизации атмосферных процессов для северного полушария циркуляционными эпохами [8]. Они также сходны с интервалами различных состояний современного климата, отражающими этапы многолетнего взаимодействия в системе океан – атмосфера [1]. Однородность групп в северном полушарии составляет 79,9% (табл. 1). Таким образом, определяемые эпохи соотносятся с «теплыми» и «холодными» фазами выделяемого в гидрометеорологических процессах колебания со средним периодом около 60-ти лет [18, 21, 22, 30]. Средняя амплитуда колебания в океане ($0,120^{\circ}\text{C}$) на интервале с 1900 по 2016 гг. меньше, чем в атмосфере ($0,137^{\circ}\text{C}$). Среднее по модулю значение аномалии ТПО на интервале с 1856 по 2016 гг. составляет $0,211^{\circ}\text{C}$. Среднее (по модулю) значение расхождения аномалии ТПО (с 1856 по 2016 гг.) составляет по всему массиву $0,159^{\circ}\text{C}$

(75,4% от среднего модуля аномалии ТПО), для «теплых» и «холодных» эпох 0,150°C и -0,120°C соответственно.

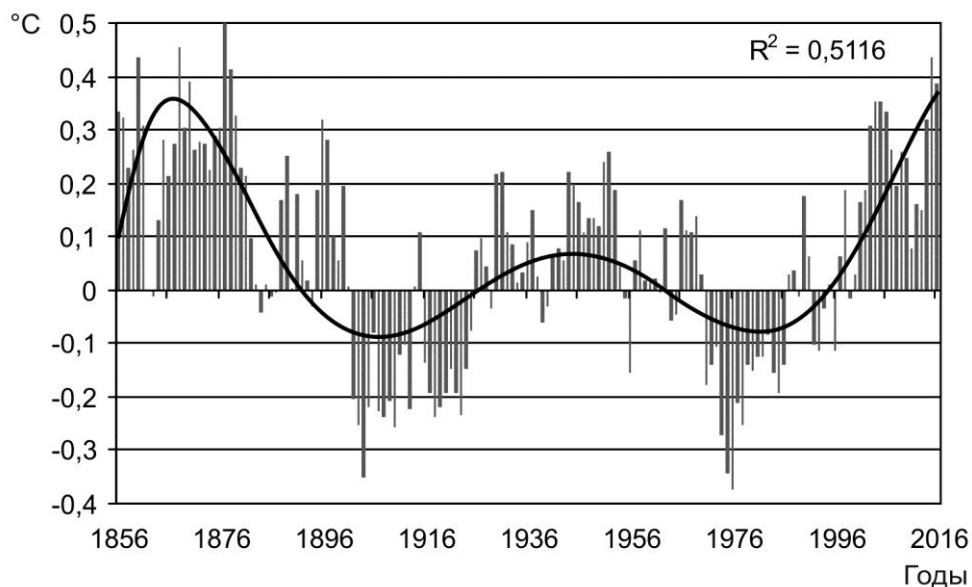


Рис. 2. Распределение расхождения фактических и рассчитанных по ансамблю линейных и полиномиальных решений значений аномалии ТПО в северном полушарии.

Табл. 1. Характеристики «теплых» и «холодных» эпох ТПО северного полушария в диапазоне с 1856 по 2016 гг.

Эпоха	Число лет		
	Всего	«Теплых»	«Холодных»
1856 – 1900 гг. «Теплая»	45	27 (81,8%)	6 (18,2%)
1901 – 1925 гг. «Холодная»	25	6 (13,9%)	37 (86,1%)
1926 – 1963 гг. «Теплая»	38	26 (68,4%)	12 (31,6%)
1964 – 1993 гг. «Холодная»	30	5 (16,7%)	25 (83,3%)
1994 – ... гг. «Теплая»			

Средняя продолжительность выделяемых эпох в этом случае (на интервале с 1856 по 2016 гг.) составляет 34,5 лет. Для завершённых эпох (исключается эпоха 1856 – 1900 гг., данные по которой могут быть ненадежными, и современная эпоха), средняя продолжительность составляет 31 год. Период колебания расхождения соответствующих фактических и рассчитанных значений аномалии ТПО, таким образом, равен приблизительно 62 – 69 годам (в случае принятого варианта временной локализации фаз колебания). С учетом продолжительности эпох (и выбранной временной локализации границ фаз) окончание текущей «теплой» эпохи можно ожидать в диапазоне 2025 – 2029 гг. Однако, временные границы фаз колебания не являются четкими.

Полученное распределение расхождения фактических значений ТПО северного полушария и рассчитанных сравнивалось с распределением индекса АМО (рис. 3).

Сравнение полученного характера распределения расхождения фактических и расчетных значений аномалии ТПО северного полушария с распределением индекса АМО показывает их значительное сходство. Следует отметить, что некоторые различия могут быть связаны с тем, что аномалии ТПО рассчитываются относительно периода 1961 – 1990 гг., а индекс АМО относительно периода 1951 – 1980 гг. Кроме того,

аномалии ТПО определяются для всего северного полушария, а индекс АМО только для Северной Атлантики.

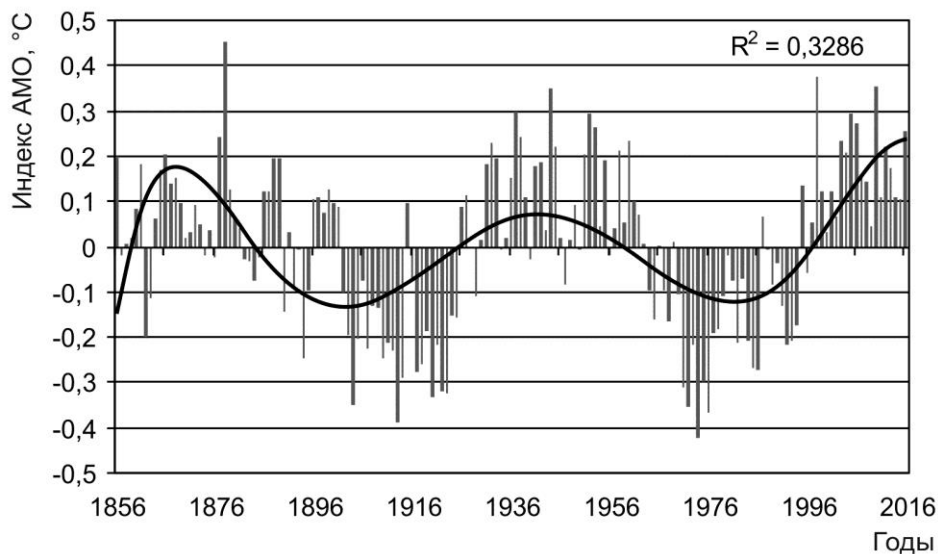


Рис. 3. Распределение среднегодового индекса АМО [34].

Коэффициент корреляции расхождения фактических и рассчитанных значений аномалии ТПО и индекса АМО составляет по всему ряду 0,835, с 1900 по 2016 гг. – 0,842, с 1950 (наиболее достоверные метеоданные) – 0,877. Средние модули расхождения фактических и рассчитанных значений аномалии ТПО и индекса АМО имеют довольно близкие значения: 0,159°C и 0,146°C соответственно. Начало и продолжительность «теплых» и «холодных» фаз индекса АМО в точности совпадает или отличается всего на год от соответствующих эпох, выделяемых (в принятом варианте границ фаз колебания) в распределении расхождения фактических и рассчитанных значений аномалии ТПО. Таким образом, расхождение фактических значений аномалии ТПО с рассчитанными значениями по данным инсоляции и, значения индекса АМО на интервале 1956 – 2016 гг., в общем, совпадают.

Для исследования физической природы мультидекадного колебания многолетняя изменчивость аномалии ТПО и индекса АМО сравнивалась с вариациями скорости осевого вращения Земли (рис. 4). Изменение скорости вращения Земли характеризуется безразмерной величиной:

$$v = \frac{(\omega - \Omega)}{\Omega} = \frac{(T - P)}{P},$$

где T – длительность земных суток; P – длительность стандартных (атомных или эфемеридных) суток, равная 86400 с; $\omega = 2\pi/P_3$ и $\Omega = 2\pi/86400$ рад/с – угловые скорости, соответствующие земным и стандартным суткам. Поскольку величина ω изменяется только в девятом – восьмом знаке, то значения v имеют порядок 10^{-9} – 10^{-8} [12].

Значения R между разностью фактических и расчетных значений аномалии ТПО и отклонением скорости осевого вращения по всему массиву данных (с 1856 г. по 2016 гг.) составляют 0,506, с 1900 г. – 0,550, с 1950 г. – 0,684. Сходным образом изменяется значение R между индексом АМО и величиной отклонения скорости осевого вращения Земли. По массиву данных с 1856 г. по 2016 г. значение R составляет 0,438, с 1900 г. – 0,551, с 1950 г. – 0,763.

Таким образом, по мере увеличения достоверности данных (ближе к современности) связь становится более тесной.

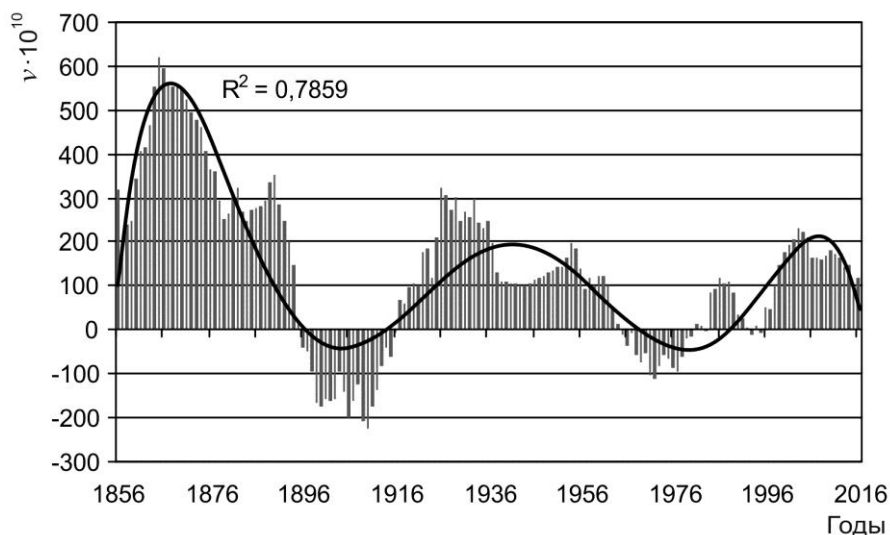


Рис. 4. Вариации скорости осевого вращения Земли, $v \cdot 10^{10}$
(по данным, предоставленным Н.С. Сидоренковым)

Повышение достоверности данных ТПО определяется увеличением числа станций и точности наблюдений. Повышение достоверности данных по отклонению скорости осевого вращения Земли связано с введением в практику наблюдений атомного времени (с 1955 г.). После сглаживания рядов методом 5-летнего скользящего среднего, значение R между вариациями скорости осевого вращения Земли и расхождением фактических и рассчитанных значений ТПО по всему массиву (с 1856 г.) становится равным 0,607, с 1900 г. 0,655, с 1950 г. 0,802. Значение R скорости осевого вращения Земли и индекса АМО по всему массиву (с 1856 г.) характеризуется величиной 0,546, с 1900 г. - 0,697, с 1950 г. - 0,900. Таким образом, эти явления тесно связаны между собой (рис. 5).

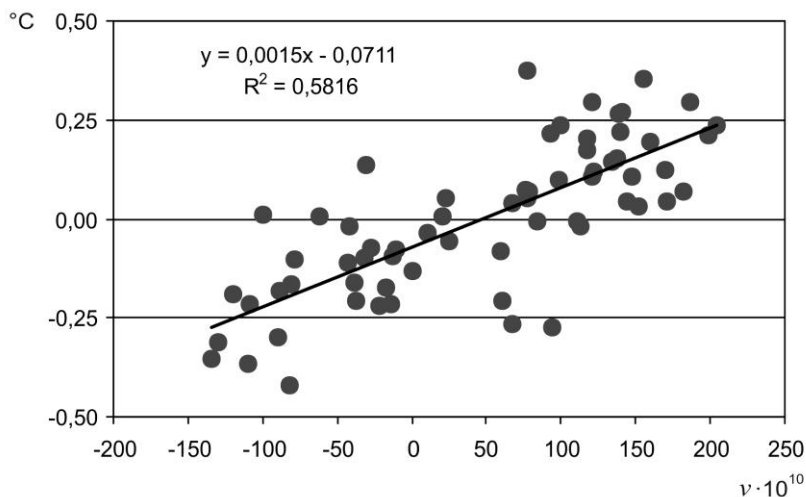


Рис. 5. Связь индекса АМО с вариацией скорости осевого вращения Земли на интервале 1950 – 2016 гг.

Сопоставление распределения аномалии ПТВ, ТПО рассчитанных на основе инсоляции, индекса АМО и отклонения скорости осевого вращения Земли за период с 1850 г. приведено на рис. 6 – 8. Значения разности фактических и рассчитанных значений аномалии ПТВ, ТПО и индекса АМО умножены на 1000. Вариации скорости осевого вращения рассчитывались относительно среднего для 1961–90 гг. при

сравнении с аномалией ПТВ и ТПО и относительно среднего за 1951–80 гг. при сравнении с индексом АМО (рис. 6 – 8).

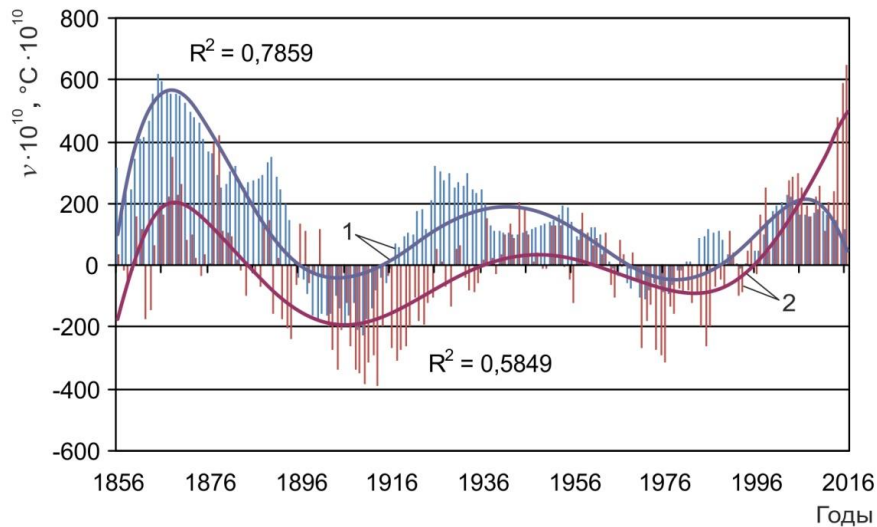


Рис. 6. Распределение вариаций скорости осевого вращения Земли (1), $v \cdot 10^{10}$ и расхождения между фактическими и рассчитанными значениями аномалии ТПО (2), $^{\circ}\text{C} \cdot 10^3$ (аппроксимация – полиномы 6-й степени).

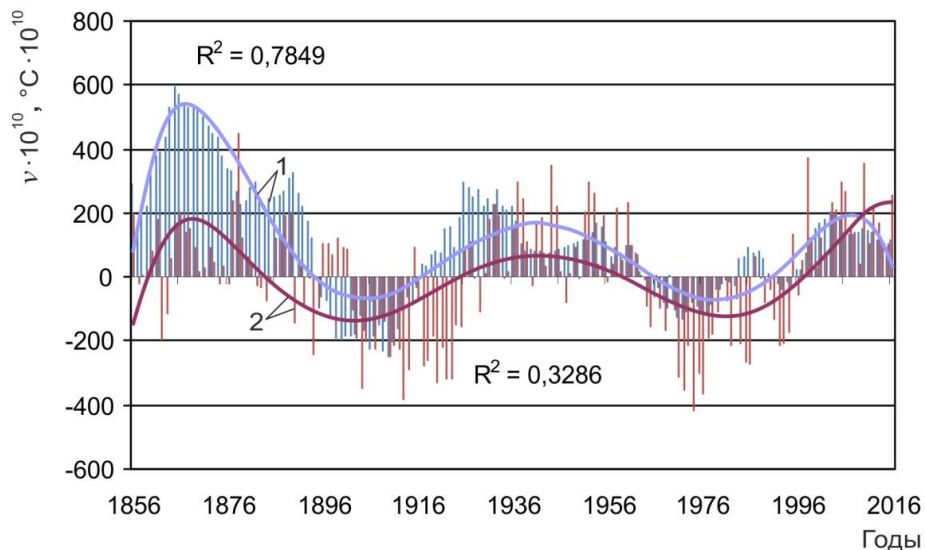


Рис. 7. Распределение вариаций скорости осевого вращения Земли (1), $v \cdot 10^{10}$ и индекса АМО (2), $^{\circ}\text{C} \cdot 10^3$ (аппроксимация - полиномы 6-й степени).

Таким образом, Североатлантическая осцилляция (индекс АМО) приблизительно соответствует расхождению фактических и рассчитанных значений аномалии ТПО северного полушария. Алгебраическое сложение значений индекса АМО с соответствующими рассчитанными по приходящей солнечной радиации значениями аномалии ТПО (рис. 9) приводит к существенному увеличению R и сокращению значений расхождения между фактическими и рассчитанными значениями аномалии ТПО. Коэффициент корреляции между этими рядами с 1956 г. становится равным 0,903, с 1900 г. 0,917. Величина среднего (по модулю) расхождения между фактическими и рассчитанными значениями ТПО с учетом индекса АМО оказывается равной $0,114^{\circ}\text{C}$ для рядов с 1956 по 2016 г ($0,094^{\circ}\text{C}$ для периода с 1900 по 2016 гг.).

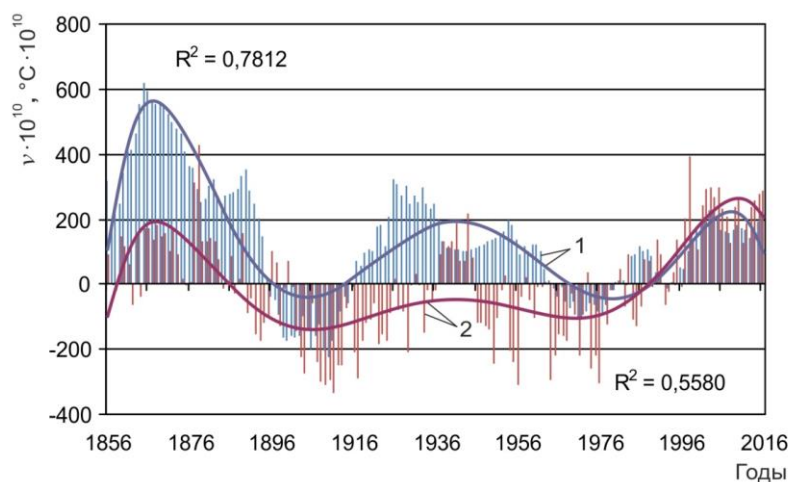


Рис. 8. Распределение вариаций скорости осевого вращения Земли (1), $v \cdot 10^{10}$ и расхождения между фактическими и рассчитанными значениями аномалии ПТВ (2), $^{\circ}\text{C} \cdot 10^3$ (аппроксимация – полиномы 6-й степени).

Это значительно меньше величины среднего по модулю ($0,159^{\circ}\text{C}$) расхождения между фактическими и рассчитанными значениями аномалии ТПО за период с 1856 по 2016 гг.

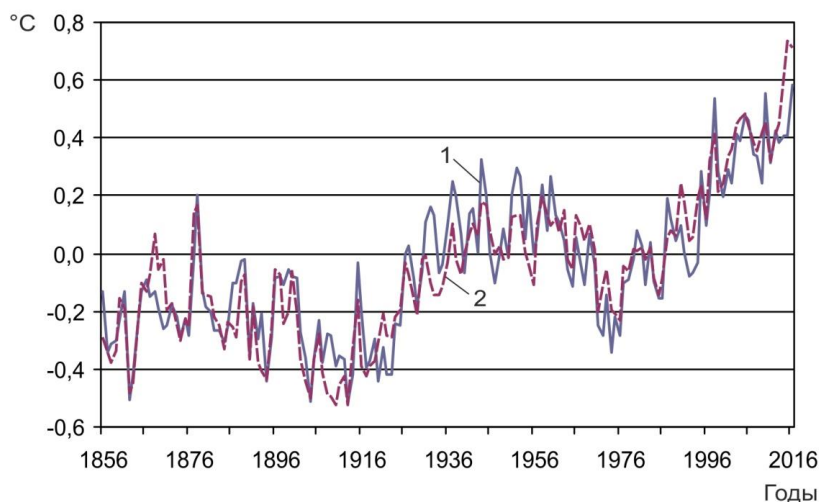


Рис. 9. Суммарные значения рассчитанной аномалии ТПО и соответствующих значений индекса АМО (1), фактические значения аномалии ТПО (2).

При этом отклонения скорости осевого вращения Земли тесно связаны и, в общем, синхронны с разностью фактических и рассчитанных значений аномалии ТПО в северном полушарии и с индексом АМО. Вариации скорости осевого вращения Земли могут быть следствием закона сохранения количества движения в системе океан – атмосфера при проявлении в этой системе 60-ти летнего колебания.

Вследствие того, что мультидекадное колебание соответствует разности фактических и рассчитанных (на основе данных инсоляции) значений аномалии ПТВ и ТПО, физическая природа этого колебания не связана с инсоляционным фактором. Известно, что в макром мире существуют два фундаментальных физических взаимодействия: электромагнитное и гравитационное. Поскольку, как показывают полученные результаты, природа мультидекадного колебания не связана с электромагнитным взаимодействием, то она может определяться гравитационным

взаимодействием. Иными словами физическая природа АМО (и разности фактических и рассчитанных значений аномалии ТПО, ПТВ и вариации скорости осевого вращения Земли), вероятно, является гравитационной [14, 20].

Корреляция значений аномалии ПТВ с отклонением скорости осевого вращения Земли по всему массиву данных слабее, чем связь аномалии ТПО с отклонением скорости осевого вращения Земли. Коэффициент корреляции аномалии ПТВ с отклонениями скорости осевого вращения составляет по ряду с 1900 г. по 2016 г. – 0,434 (для ТПО и скорости вращения 0,551), по ряду с 1950 г. по 2016 г. – 0,535 (для ТПО и скорости вращения 0,763). Таким образом, корреляционная связь аномалии ТПО (и индекса АМО) с отклонением скорости осевого вращения более тесная, чем связь аномалии ПТВ. Это указывает на то, что генерирующая роль колебания ТПО, АМО и ПТВ связана с океаном.

Обобщая полученные результаты по колебанию разности фактических и рассчитанных (по инсоляции) значений аномалии ПТВ и ТПО можно отметить следующее.

1) В расхождении фактических значений аномалии ТПО и ПТВ с соответствующими рассчитанными по уравнениям регрессии на основе связи с инсоляцией значениями аномалии обнаруживаются мультидекадные колебания. Период колебания изменяется в диапазоне от 62 до 69 лет. В случае, если начало текущей «теплой» фазы колебания приходится на 1987 г., начало следующей «холодной» фазы ожидается в период с 2018 по 2022 гг. Если же начало текущей «теплой» фазы приходится на 1994 г., то смена фаз мультидекадного колебания может произойти в интервале от 2025 г. до 2029 г. Средняя амплитуда (на интервале 1900 – 2016 гг.) составляет $0,137^{\circ}\text{C}$ для аномалии ПТВ и $0,120^{\circ}\text{C}$ для аномалии ТПО.

2) Мультидекадная периодичность проявляется в обоих компонентах системы океан – атмосфера и имеет глобальное пространственное распространение, поэтому это колебание, вероятно, следует называть КМО (Климатическая мультидекадная осцилляция или Climatic multidecadal oscillation – СМО). Отмечаемое нами колебание, вероятно, соответствует выделяемой в климатической системе Земли В.И. Бышевым с коллегами ГАО – глобальной атмосферной осцилляции [5]. Границы «теплых» и «холодных» фаз колебания нечеткие, поэтому и амплитудно-периодические характеристики колебания определяются только приблизительно.

3) Климатическая мультидекадная осцилляция в Североатлантическом регионе соответствует известной осцилляции – АМО. Коэффициент корреляции расхождения фактических и рассчитанных значений аномалии ТПО и индекса АМО составляет по всему ряду 0,835, с 1900 по 2016 гг. – 0,842, с 1950 (наиболее достоверные метеоданные) – 0,877. Средние модули расхождения фактических и рассчитанных значений аномалии ТПО и индекса АМО имеют довольно близкие значения: $0,159^{\circ}\text{C}$ и $0,146^{\circ}\text{C}$ соответственно. Начало и продолжительность «теплых» и «холодных» фаз индекса АМО в точности совпадает или отличается всего на год от соответствующих эпох, выделяемых (в принятом варианте) в распределении расхождения фактических и рассчитанных значений аномалии ТПО. Таким образом, АМО – Североатлантическое региональное проявление КМО.

4) КМО синхронизирована с изменением осевой скорости вращения Земли. При этом увеличения осевой скорости вращения Земли соответствуют периоды превышения фактических значений аномалии ТПО и ПТВ над рассчитанными значениями. При уменьшении скорости вращения фактические значения аномалии ТПО и ПТВ уступают рассчитанным значениям. Возможно движение теплых поверхностных водных масс из низких широт в высокие (по типу зонального прилива) связано с увеличением скорости осевого вращения Земли и наоборот, движение

поверхностных океанических вод из низких широт в высокие связано с уменьшением скорости осевого вращения Земли.

5) Корреляционная связь аномалии ТПО и индекса АМО с отклонением скорости осевого вращения Земли более тесная, чем связь аномалии ПТВ. Это указывает на то, что генерация КМО связана с Мировым океаном, а вариации скорости вращения Земли являются следствием закона сохранения количества движения в системе океан – атмосфера.

Определено, что КМО (с учетом в качестве поправки средних для отдельных фаз колебания значений разности между фактическими и рассчитанными значениями) объясняется 15,8% дисперсии аномалии ПТВ Земли, 21,0% дисперсии аномалии ПТВ в северном полушарии и 9,4% – в южном полушарии [18]. КМО объясняется 15,9% дисперсии аномалии ТПО Мирового океана, 21,8% дисперсии аномалии ТПО в северном полушарии и 8,4% – в южном полушарии. В связи с тем, что КМО определяется приблизительно от 7% до 20% изменчивости аномалии ТПО (и ПТВ), то влияние этого фактора на климат следует учитывать при прогнозировании его изменений. Для этого необходимо знать физическую природу КМО.

Рассмотрим возможные причины КМО. Проявление колебаний со средним периодом около 60-ти лет известно во многих гидрометеорологических процессах. Это колебание, называемое нами в работе КМО, отмечается в процессах теплообмена в системе океан – атмосфера [1]. КМО проявляется в изменении приповерхностной температуры воздуха [30] и, по мнению некоторых исследователей, в динамике площади морских льдов в Северном полушарии [21, 22]. Как уже отмечалось, наиболее четко это колебание проявляется в Северной Атлантике. Предполагается космическая природа 60-ти летней периодичности [21, 22]. Однако единства мнений относительно генезиса этого явления, пока не существует [11, 18].

Как отмечалось выше природа КМО, вероятно, является гравитационной. То есть, КМО определяется гравитационным взаимодействием Земли с планетами Солнечной системы. Следовательно, в основе КМО должно быть, существующее в природе (в окружающем Землю космическом пространстве) обусловленное гравитационным взаимодействием колебание с периодом около 60-ти лет (исходный гравитационный сигнал).

Известно, что планеты-гиганты Юпитер и Сатурн при движении вокруг Солнца образуют последовательные соединения (разность геоцентрических долгот равна 0°) приблизительно каждые 20 лет [3, 14, 20]. Их приливное и возмущающее действие на Землю в эти периоды усиливается (в квадратуры – разность геоцентрических долгот планет составляет 90° – ослабляется) по аналогии с сизигийными и квадратурными лунно-солнечными приливами (фазовые приливные неравенства). Соединения планет происходят в различных точках эклиптики. Но приблизительно каждые 60 лет соединение Юпитера и Сатурна происходит в довольно узком секторе эклиптики. То есть периодически (каждые 60 лет) происходит приблизительно повторение конфигурации Юпитера и Сатурна относительно Земли и Солнца. С этой периодичностью может быть связана генерация 60-ти летнего колебания в окружающем Землю пространстве (гравитационного сигнала).

Здесь уместно напомнить о таких физических явлениях как синхронизация, соизмеримость и резонанс [4]. Синхронизация определяется, как «свойство материальных объектов самой различной природы вырабатывать единый ритм совместного существования, несмотря на различие индивидуальных ритмов и на подчас крайне слабые взаимные связи» [4]. Явление синхронизации состоит в том, что несколько, например, природных объектов, совершающих при отсутствии взаимодействия колебательные или вращательные движения с различными частотами

(угловыми скоростями), при наложении даже весьма слабых связей начинают двигаться с одинаковыми, кратными или находящимися в рациональных отношениях частотами (угловыми скоростями). Причем, устанавливаются определенные фазовые соотношения между колебаниями и вращениями.

Явление синхронизации – это механический процесс, возникающий, например, при движении небесных тел в Солнечной системе и приводящий к появлению соизмеримости в средних движениях планет и резонансам [6]. В связи с этим, представляется возможной синхронизация приливных явлений в Мировом океане с генерируемым Юпитером и Сатурном 60-ти летним колебанием. Синхронизация может определяться наличием (и колебанием) слабых гравитационных связей Земли с Юпитером и Сатурном и регулярными (с периодом 60 лет) и бесконечно долгими повторениями их однотипных конфигураций относительно Земли и Солнца. Таким образом, генезис КМО может быть связан с явлением синхронизации. Также это колебание может усиливаться вследствие резонанса из-за соизмеримости в движениях небесных тел.

Из астрономии известно, что в параметрах движений планет (и их спутников) выдерживается ряд определенных соотношений вследствие наличия соизмеримостей и резонансов [6]. Периоды обращения планет-гигантов Юпитера и Сатурна равны приблизительно 12-ти и 30-ти годам соответственно, и, следовательно, отношение этих периодов близко к резонансу $2/5$. Т.е. 2 оборота Сатурна вокруг Солнца происходят приблизительно за то же время, что и 5 оборотов Юпитера. Через 60 лет взаимные положения Юпитера и Сатурна относительно Земли повторяются (соединения происходят в довольно узком секторе эклиптики). В таких случаях говорят, что между периодами обращения планет имеет место соизмеримость. Благодаря соизмеримости возникает нечто подобное явлению, которое в механике называется резонансом. Резонанс возникает тогда, когда на колеблющееся тело в такт его колебаниям действует дополнительная периодическая сила. Такая дополнительная сила, даже в том случае, если ее величина очень мала, приводит постепенно к большому увеличению размаха колебаний [3, 6, 7, 20].

Кроме этого, период парных соединений планет-гигантов Юпитера и Сатурна равен 19,86 лет. Период обращения лунных узлов (лунной орбиты) – 18,61 года (нутационный цикл – проявляется и в инсоляции Земли из-за изменения наклона оси вращения). Учитывая, что $\omega = 2\pi/T$ и $T_1 = 18,61$ года = 6797,157 сут, $T_2 = 19,86$ года = 7253,71 года, получаем $\omega_1 = 0,000924$ сут⁻¹, $\omega_2 = 0,000866$ сут⁻¹ и $\omega_1 - \omega_2 = 0,000058$ сут⁻¹. То есть в движениях парного соединения Юпитера и Сатурна и обращения лунной орбиты имеется соизмеримость (аналог резонанса в механике – орбитальный резонанс с резонансным числом 1/1). Соизмеримость в движениях Юпитера и Сатурна отмечается и с 19-ти летним циклом Метона (продолжительность 235 лунаций – лунных месяцев – в точности равна продолжительности 19-ти солнечных лет). Колебания с периодом около 19-ти лет (связанные нутацией и/или с 19-ти летним циклом Метона) проявляются в Мировом океане [9, 20, 28] и в атмосфере [24]. Из этого следует вероятность проявления в Мировом океане и зонального колебания с периодичностью около 60-ти лет. Одна («теплая») фаза колебания, возможно, отражает движение водных масс от экватора в сторону полюсов. Другая («холодная») фаза определяется движением водных масс в обратном направлении. Это движение может иметь и вертикальную составляющую в океане.

Еще одним эффектом, которым может усиливаться 60-ти летнее колебание

может быть стохастический резонанс. Эффект стохастического резонанса проявляется в отклике бистабильной или метастабильной нелинейной системы на слабый периодический сигнал при шумовом воздействии определенной мощности [2]. Океанические приливы характеризуются значительным «шумом», в связи с этим 60-ти летнее колебание, генерируемое Юпитером и Сатурном, может быть слабым периодическим сигналом, находящим отклик в приливной динамике Мирового океана.

Таким образом, КМО может быть результатом синхронизации и резонансного усиления 60-ти летней периодичности (слабо, но бесконечно долго действующей на Землю) генерируемой в окружающем Землю пространстве движением Юпитера и Сатурна вокруг Солнца. Вероятно, что КМО – это колебание, которое возникает в океане из-за синхронизации с повторением конфигураций Юпитера и Сатурна относительно Земли. Оно усиливается резонансом из-за соизмеримости с нутационным циклом (периодом обращения лунных узлов) и стохастическим резонансом. Это океаническое колебание воспринимается нижней атмосферой. Оно также проявляется в изменении скорости осевого вращения Земли вследствие закона сохранения количества движения в системе океан – атмосфера.

Проведем сопоставление дат смены фаз КМО с датами астрономических конфигураций Юпитера и Сатурна в интервале с 1900 по 2050 гг. Если за начало осцилляции принять даты смены «теплой» фазы КМО на «холодную» фазу, то окажется, что эти даты синхронны соединениям Юпитера и Сатурна в секторе, ограниченном геоцентрическими долготами от 283° до 301° . Отсчет геоцентрических долгот ведется от точки весеннего равноденствия по ходу видимого движения Солнца. Согласно астрономическим эфемеридам эти соединения приходятся на 1901, 1961, 2020 годы. Даты перехода от «холодной» фазы КМО к «теплой» синхронизируются с квадратурой Юпитера и Сатурна (разность геоцентрических долгот равна 90°). Эти квадратуры Юпитера и Сатурна отмечаются в 1926 и в 1986 годах. Очередное соединение по данным астрономических эфемерид [35], произойдет в 2020 году (смена «теплой» фазы КМО на «холодную») и с 2021 года ожидается начало «холодной» фазы КМО. В 2045 году будет образована квадратура Юпитера и Сатурна и с 1946 года, вероятно, начнется очередная «теплая» фаза. Однако в системе океан – атмосфера эти даты могут испытывать колебания относительно дат астрономических конфигураций в связи с нелинейностью, происходящих в океане и атмосфере процессов и изменением термического состояния системы океан – атмосфера (как и климатической системы Земли). При проведенном нами сопоставлении «теплая» и «холодная» фазы КМО имеют различную продолжительность. Продолжительность «холодных» фаз КМО составляет 25 – 26 лет, продолжительность «теплых» фаз составляет 34 – 35 лет. КМО в «теплые» фазы усиливает и в «холодные» фазы ослабляет общую тенденцию потепления современного глобального климата.

Работа выполнена в соответствии с госбюджетной темой «Геоэкологический анализ и прогноз динамики криолитозоны Российской Арктики» (№ ААА-А16-116032810055-0) и «Картографирование, моделирование и оценка риска опасных природных процессов» (№ ААА-А16-116032810093-2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов М.В., Бышев В.И., Залесный В.Б., Мошонкин С.Н. Междекадная изменчивость термической структуры вод Северной Атлантики и ее климатическая значимость // ДАН. – 2012. – Т. 443, № 3. – С. 372-376.
2. Анищенко В.С., Нейман А.Б., Мосс Ф., Шиманский – Гайер Л. Стохастический резонанс как индуцированный шумом эффект увеличения порядка // Успехи физических наук. – 1999. – Т. 169, № 1. – С. 7-38.
3. Белецкий В.В. Очерки о движении космических тел. – М.: Наука, 1972. – 360 с.
4. Блехман И.И. Синхронизация динамических систем. – М.: Наука, 1971. – 896 с.
5. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. Эль-Ниньо как следствие глобальной атмосферной осцилляции в динамике климатической системы Земли // Доклады РАН. – 2012. – Т. 446, № 1. – С. 1-6.
6. Гребеников Е.А., Рябов Ю.А. Резонансы и малые знаменатели в небесной механике. – М.: Наука, 1978. – 128 с.
7. Дубошин Г.Н. Небесная механика. Основные задачи и методы. – М.: Наука, 1975. – 800 с.
8. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзерdzeевскому. – М.: Воентехиниздат, 2009. – 372 с.
9. Максимов И.В., Саруханян Э.И., Смирнов Н.П. Океан и космос. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 216 с.
10. Малинин В.Н. Уровень океана: настоящее и будущее. – СПб.: РГГМУ, 2012. – 260 с.
11. Малинин В.Н. Изменения уровня Мирового океана и климата // Ученые записки РГГМУ. – 2015. – № 41. – С. 100-115.
12. Сидоренков Н.С. Физика нестабильностей вращения Земли. – М.: Физматлит, 2002. – 384 с.
13. Федоров В.М. Тенденции изменения температуры поверхности Мирового океана и их причины // Сложные системы. – 2015. – № 2(5). – С. 45-56.
14. Федоров В.М. Астрономическая климатология. – М.: Московский университет, 2002. – 236 с.
15. Федоров В.М. Корреляционный анализ инсоляции Земли и аномалии приповерхностной температуры // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2016. – № 45. – С. 151-168.
16. Федоров В.М. Периодические возмущения и малые вариации солярного климата Земли // Доклады РАН. – 2014. – Т. 457, № 2. – С. 222-225. DOI: 10.7868/S0869565214200213.
17. Федоров В.М. Пространственные и временные вариации солярного климата Земли в современную эпоху // Геофизические процессы и биосфера. – 2015. – Т. 14, № 1. – С. 5-22.
18. Федоров В.М. Инсоляция Земли и современные изменения климата. – М.: Физматлит, 2018. – 232 с.
19. Федоров В.М. Теоретический расчет межгодовой изменчивости инсоляции Земли с суточным разрешением // Астрономический вестник. – 2016. – Т. 50, № 3. – С. 233-238. DOI: 10.7868/S0320930X16030014.
20. Федоров В.М. Гравитационные факторы и астрономическая хронология геосферных процессов. – М.: Московский университет, 2000. – 368 с.
21. Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляницкий В.М. Шестидесятилетняя цикличность в изменениях климата полярных регионов // МГИ. – 2008. – № 105. – С. 158-165.
22. Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляницкий В.М. Изменения климата Арктики и Антарктики: результат действия естественных причин // Проблемы Арктики и

Антарктики. – 2010. – № 2 (85). – С. 52-61.

23. Шулейкин В.В. Физика моря. – М.: АН СССР, 1953. – 990 с.

24. Chapman S., Lindzen R.S. Atmospheric tides: thermal and gravitational. – New York: Gordon and Breach, 1970. – 200 p.

25. Chylek P., Lesins. G. Multidecadal variability of Atlanhurricane activity: 1851–2007 // Journal of Geophysical Research. – 2008. – Vol. 113, № D22106. doi:10.1029/2008JD010036

26. Delworth, T. L., Mann, M. E. Observed and simulated multidecadal variability in the Northern Hemisphere // Climate Dynamics. – 2000. – Vol. 16. – P. 661-676. DOI:10.1007/s003820000075

27. Fedorov V.M. Spatial and temporal variation in solar climate of the Earth in the present epoch // Izvestiya, Atmospheric and oceanic physics. – 2015. – Vol. 51, № 8. – P. 779-791. DOI: 10.1134/S0001433815080034.

28. Foreman M.G.G., Neufeld E.T. Analyses harmoniques de la mare portant sur de longues series chronologiques // Revue hydrographique internationale. – Monaco, 1991. – № LXIII (1). – P. 89-113.

29. Goldenberg, S. B., Landsea C.W., Mestas-Nunez A.M., Gray W.M. The recent increase in Atlantic hurricane activity: Causes and implications // Science. – 2001. – Vol. 293. – № 5529. – P. 474-479. DOI:10.1126/science.1060040.

30. Scafetta N. Climate Change and Its cause: A Discussion about Some Key Issues / SPPI Original Paper, 2010. – P. 3-28.

31. Schlesinger M.E, Ramankutty N. An oscillation in the global climate system of period 65-70 years // Nature. – 1994. Vol. 367, № 6465. – P. 723-726. DOI:10.1038/367723a0.

32. Shanahan T. M., Overpeck J.T., Anchukaitis K.J., Beck J.W., Cole J.E., Dettman D.L., Peck J.A., Scholz C.A., King J.M. Atlantic Forcing of Persistent Drought in West Africa // Science. – 2009. – Vol. 324, № 5925. – P. 377-380. DOI:10.1126/science.1166352.

33. Teegavarapu R. S. V., Goly A., Obeysekera J. Influences of Atlantic Multi-Decadal Oscillation on Regional Precipitation Extremes // Journal of Hydrology. – 2013. – Vol. 495. – P. 74-93.

34. URL: <http://www.noaa.gov> – Электронный ресурс Национального управления океанических и атмосферных исследований (США).

35. URL: <http://ssd.jpl.nasa.gov> – NASA, Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology (JPL Solar System Dynamics). Электронный ресурс национального аэрокосмического агентства США.

ABOUT POSSIBLE PHYSICAL NATURE OF MULTIDECADE OSCILLATION IN THE EARTH'S CLIMATIC SYSTEM

Fedorov V.M.¹ (Cand.Sci. (Geogfaphy)),

Frolov D.M.² (researcher)

Lomonosov Moscow State University, Geography Faculty, Moscow, Russia;

¹fedorov.msu@mail.ru; ²denisfrolov@mail.ru

Abstract. Physical nature of North-Atlantic oscillation and 60–year oscillation in climatic system of Earth are studied. It is proved, that North-Atlantic oscillation is regional form of 60–year oscillation in climatic system of Earth. Gravitational nature of 60–year oscillation in climatic system of Earth is defined. It is indicated, that 60–year oscillation originates in ocean and can be the result of synchronization and resonance amplification of 60–year periodicity, which is generated in surrounding Earth space area commensurable with mean motion of Jupiter and Saturn around the Sun.

Keywords. Insolation, regression model, deviation, correlation, multidecade oscillation, commensurability, orbital resonance.

REFERENCES

1. Anisimov M.V., Byshev V.I., Zalesnyj V.B., Moshonkin S.N. Mezhdekadnaja izmenchivost' termicheskoj struktury vod Severnoj Atlantiki i ee klimaticheskaja znachimost' [Interdecade variation of thermal structure of Northern Atlantic waters and its' climatic meaning]. *Doklady Akademii Nauk – Doklady of Earth Sciences*, 2012, vol. 443, no. 3, pp. 372-376.
2. Anishhenko V.S., Nejman A.B., Moss F., Shimanskij – Gajer L. Stohasticheskij rezonans kak inducirovannyj shumom jeffekt uvelichenija porjadka [Stochastic resonance as induced by noise effect of order increase] *Uspehi fizicheskikh nauk – Advances of Physical sciences*, 1999, vol. 169, no. 1, pp. 7-38.
3. Beleckij V.V. Oчерki o dvizhenii kosmicheskikh tel [Essay on space bodies' movement] M.: Nauka, 1972, 360 p.
4. Blehman I.I. Sinhronizacija dinamicheskikh sistem [Synchronisation of dynamik systems] M.: Nauka, 1971, 896 p.
5. Byshev V.I., Nejman V.G., Romanov Ju.A., Seryh I.V. Jel'-Nin'o kak sledstvie global'noj atmosfernoj oscilljicii v dinamike klimaticheskoj sistemy Zemli [El Nino as a consequence of global atmospheric circulation in dynamic of Earth climatic system] *Doklady Akademii Nauk – Doklady of Earth Sciences*, 2012, vol. 446, no. 1. pp. 1-6.
6. Grebenikov E.A., Rjabov Ju.A. Rezonansy i malye znamenateli v nebesnoj mehanike [Resonances and small denominators in celestial mechanics] M.: Nauka, 1978, 128 p.
7. Duboshin G.N. Nebesnaja mehanika. Osnovnye zadachi i metody [Celestial mechanics. Basal problems and methods] M.: Nauka, 1975, 800 p.
8. Kononova N.K. Klassifikacija cirkuljacionnyh mehanizmov Severnogo polusharija po B.L. Dzerdzeevskomu [Classification of circulation mechanisms of Northern Hemisphere on B.L. Dzerdzeevsky] M.: Voentehinzdat, 2009, 372 p.
9. Maksimov I.V., Saruhanjan Je.I., Smirnov N.P. Okean i kosmos [Ocean and Space] L.: Gidrometeoizdat, 1970, 216 p.
10. Malinin V.N. Uroven' okeana: nastojashhee i budushhee [Levels of ocean: present and future] SPb.: RGGMU, 2012, 260 p.
11. Malinin V.N. Izmenenija urovnja Mirovogo okeana i klimata [Variations of level of World ocean and climate] *Uchenye zapiski RGGMU – Scientific notes of RGGMU*, 2015. No. 41, pp. 100-115.
12. Sidorenkov N.S. Fizika nestabil'nostej vrashhenija Zemli [Physics of instability of Earth rotation] M.: Fizmatlit, 2002, 384 p.
13. Fedorov V.M. Tendencii izmenenija temperatury poverhnosti Mirovogo okeana i ih prichiny [Tendency of variation of World ocean surface temperature and its reasons] *Slozhnye sistemy – The complex systems*, 2015, no. 2(5). pp. 45-56.
14. Fedorov V.M. Astronomicheskaja klimatologija [Astronomical climatology] M.: Moskovskij universitet, 2002, 236 p.
15. Fedorov V.M. Korreljacionnyj analiz insoljicii Zemli i anomalii pripoverhnostnoj temperatury [Correlation analysis of Earth insolation and anomaly of surface layer temperature] *Uchenye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta – Scientific notes of Russian State Hydrometeorologic university*, 2016, no. 45, p. 151-168.
16. Fedorov V.M. Periodicheskie vozmushhenija i malye variacii soljarnogo klimata Zemli [Periodic perturbations and small variations of Earth solar climate] *Doklady Akademii Nauk – Doklady of Earth Sciences*, 2014, vol. 457, no. 2, pp. 222-225. DOI: 10.7868/S0869565214200213.
17. Fedorov V.M. Prostranstvennye i vremennye variacii soljarnogo klimata Zemli v sovremennuju jepohu [Spatial and temporal variations of solar climate of Earth in modern Epoch] *Geofizicheskie processy i biosfera-Geophysical processes and Biosphere*, 2015, vol. 14, no 1, pp. 5-

22.

18. Fedorov V.M. Insoljacija Zemli i sovremennye izmenenija klimata [Insolation of Earth and modern variations of climate] M.: Fizmatlit, 2018, 232 p.

19. Fedorov V.M. Teoreticheskiy raschet mezhgodovoj izmenchivosti insoljatsii Zemli s sutochnym razresheniem [Theoretical calculation of interannual variation of Earth insolation with daily resolution] *Astronomicheskij vestnik – Astronomical bulletin*, 2016, vol. 50, no. 3, pp. 233-238. DOI: 10.7868/S0320930X16030014.

20. Fedorov V.M. Gravitacionnye faktory i astronomicheskaja hronologija geosfernyh processov [Gravitational factors and astronomical chronology of geosphere processes] M.: Moskovskij universitet, 2000, 368 p.

21. Frolov I.E., Gudkovich Z.M., Karklin V.P., Smoljanickij V.M. Shestidesjatiletnijaja ciklichnost' v izmenenijah klimata poljarnyh regionov [60-year cyclisity in climate variation of Polar Regions] *Materialy Glaciologicheskikh issledovaniy – Materials of Glaciological Studies*, 2008, no. 105, p. 158-165.

22. Frolov I.E., Gudkovich Z.M., Karklin V.P., Smoljanickij V.M. Izmenenija klimata Arktiki i Antarktiki: rezul'tat dejstvija estestvennyh prichin [Variations of climate of Arctic and Antarctic: the result of action of external reasons] *Problemy Arktiki i Antarktiki – Problems of Arctic and Antarctic*, 2010, no. 2 (85), pp. 52-61.

23. Shulejkin V.V. Fizika morja. [Physics of sea] M.: AN SSSR, 1953, 990 p.

24. Chapman S., Lindzen R.S. Atmospheric tides: thermal and gravitational. New York: Gorbun and Breach, 1970, 200 p.

25. Chylek P., Lesins. G. Multidecadal variability of Atlanhurricane activity: 1851–2007. *Journal of Geophysical Research*, 2008, vol. 113, no. D22106. doi:10.1029/2008JD010036.

26. Delworth, T. L., Mann, M. E. Observed and simulated multidecadal variability in the Northern Hemisphere. *Climate Dynamics*, 2000, vol. 16, pp. 661-676. DOI:10.1007/s003820000075.

27. Fedorov V.M. Spatial and temporal variation in solar climate of the Earth in the present epoch. *Izvestiya, Atmospheric and oceanic physics*, 2015, vol. 51, no. 8, pp. 779-791. DOI: 10.1134/S0001433815080034.

28. Foreman M.G.G., Neufeld E.T. Analyses harmoniques de la mare portant sur de longues series chronologiques. *Revue hydrographique internationale*. Monaco, 1991, no. LXIII (1), pp. 89-113.

29. Goldenberg, S. B., Landsea C.W., Mestas-Nunez A.M., Gray W.M. The recent increase in Atlantic hurricane activity: Causes and implications. *Science*, 2001, vol. 293, no. 5529, pp. 474-479. DOI:10.1126/science.1060040.

30. Scafetta N. Climate Change and Its cause: A Discussion about Some Key Issues. SPPI Original Paper, 2010, pp. 3-28.

31. Schlesinger M.E, Ramankutty N. An oscillation in the global climate system of period 65-70 years. *Nature*, 1994, vol. 367, no. 6465, pp. 723-726. DOI:10.1038/367723a0.

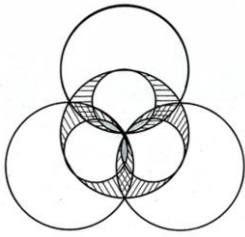
32. Shanahan T. M., Overpeck J.T., Anchukaitis K.J., Beck J.W., Cole J.E., Dettman D.L., Peck J.A., Scholz C.A., King J.M. Atlantic Forcing of Persistent Drought in West Africa. *Science*, 2009, vol. 324, no. 5925, pp. 377-380. DOI:10.1126/science.1166352.

33. Teegavarapu R. S. V., Goly A., Obeysekera J. Influences of Atlantic Multi-Decadal Oscillation on Regional Precipitation Extremes. *Journal of Hydrology*, 2013, vol. 495, pp. 74-93.

34. URL: <http://www.noaa.gov> – National Ocean Atmosphere Agency electronic resources website

35. URL: <http://ssd.jpl.nasa.gov> – NASA, Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology (JPL Solar System Dynamics) electronic resources website.

УДК 167.0 523



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ МАСС ПЛАНЕТ НА ОСНОВЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИХ ОРБИТ И ПЕРИОДОВ ОБРАЩЕНИЯ

Смирнов В. Л. (к. ф.-м. н.)

Санкт-Петербург, РФ

VladimirL.Smirnov@yandex.ru

Аннотация. Предлагается основанный на анализе отношений способ определения масс планет в Солнечной системе по отношению к массе Земли. В основу модели заложено представление о самоорганизации структур, при этом структура понимается как сеть, состоящая из узлов – разрешенных на числовой оси состояний и связей между ними – правил. Генератором разрешенных состояний является протоструктура – первичная, по замыслу, и циклически организованная совокупность отношений. Протоструктура предназначена для исследования процессов эволюции. В одном из циклов протоструктуры исследуется взаимодействие узлов на уровне параметра порядка n , позиции которого образуют спектр и задают разрешенные узлы на лежащих ниже уровнях иерархии, которых всего 6. Предлагаются связи элементов спектра с указанными подчиненными узлами; пригодность связей демонстрируется на примере исходного состояния системы. Объектом исследования является уровень параметра порядка n в состоянии эволюционной зрелости. Для этого в приложении все характеристики абстрактной системы отношений интерпретируются в известных терминах планетной системы Солнца, которая понимается как эволюционно зрелая. Для каждой планеты одна часть относительных характеристик (расстояния, периоды обращения, ускорения) заимствуется из наблюдательных данных и переводится на n -уровень. Другая часть (массы планет и действующие на них силы) реконструируется на основе различных представлений о симметрии, характерных согласно модели для n -уровня. Роль ведущей характеристики на n -уровне играет относительный момент количества движения – в случае кругового движения площадь, описываемая движущимся телом в единицу времени при нормировке на принятую первую позицию. При усложнении взаимодействия узлов уровень параметра порядка детализируется. На n -уровне размещается среди прочих позиция вида $n(m)$, что позволяет при известных связях определить m – массу планеты. Полученные результаты интерпретируются равным образом и с позиций абстрактной самоорганизующейся системы, и с позиций планетной системы. В среднем полученные в работе модельные массы согласуются с известными массами планет в пределах 0,1%. Дополнительно для пояса астероидов оцениваются масса и период обращения предполагаемого исходного объекта.

Ключевые слова. Эволюция, самоорганизация, параметр порядка, планетная система, массы планет, пояс астероидов.

1. ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.

Характеристика ситуации. Современная наука [15] ставит перед собой только те задачи, которые она может решить, основываясь на принятой парадигме. Моделирование планетных расстояний, периодов обращения планет, а также их масс к таким задачам сейчас не относится. В то же время накоплен значительный наблюдательный материал, например, характеристики орбит и периоды обращения планет установлены с весьма высокой точностью. Массы планет определяются на основе закона всемирного тяготения Ньютона, и точность в этом случае значительно

Определение относительных масс планет на основе характеристик их орбит...

ниже. Отметим также, что последовательность планетных масс напоминает хаос, что затрудняет моделирование. В целом известные планетные характеристики зависят друг от друга, однако не все их связи понятны.

Для постановки задачи рассмотрим рис.1, где ситуация предельно упрощена. На рис.1а представлена часть характеристик, используемых при физическом подходе; здесь c – перигелий, d – афелий, b – малая полуось эллипса, a – большая полуось, T – период обращения планеты, m – её масса. Здесь опущены индекс k – порядковый номер планеты, начиная с Меркурия и далее, а также принятая нормировка на Землю. В настоящее время неизвестен параметр, который для каждой из планет позволил бы объединить и представить на одном уровне иерархии характерные для неё расстояния, период обращения, ускорение, массу m и действующую на неё силу f .

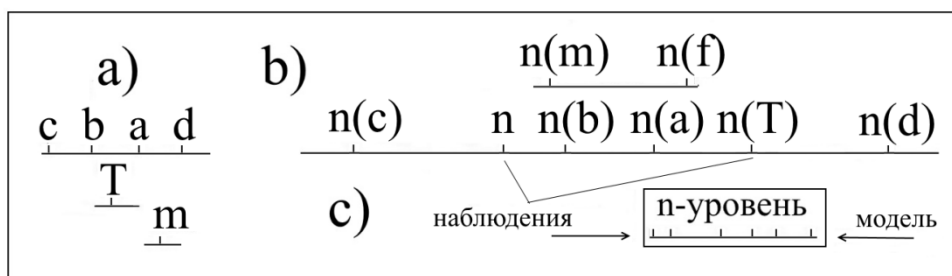


Рис. 1. Качественное представление уровней иерархии для планеты k : а) при наблюдениях и их обработке; б) при введении параметра порядка n и его детализации на n -уровне; в) при формировании n -уровня на основе модельных соображений и наблюдательных данных.

Расположение позиций на n -уровне в б) произвольно, масштаб условный.

Структурный подход. Представление об указанных выше отношениях можно расширить при использовании [7] протоструктуры и [3, 16, 17] параметра порядка, которые предназначены для исследования эволюции (развёртывания) структур. Здесь структура понимается как совокупность отношений. Протоструктура представляет собой состоящую из циклов форму, которая трактуется как первичная структура – основа различных природных объектов. Параметр порядка является главной переменной для описания перехода *порядок – беспорядок*, он характеризует сложную эволюционную динамику многокомпонентных систем. При его участии достигается согласование между отдельными частями системы и упрощается первичное сложное поведение самой системы. Мы понимаем под системой структуру, имеющую границы.

Модель протоструктуры применена [8 - 14] для анализа отношений в Солнечной системе, при этом на роль параметра порядка [8] предложен относительный момент количества движения n , которому подчинены расстояния r и периоды обращения T . Методика позволяет транслировать позиции r и T на уровень параметра порядка n . На рис.1б известные характеристики с рис.1а переведены согласно [8] на n -уровень, т.е. представлены как группа n - $n(b)$ - $n(a)$ - $n(T)$; здесь перечень n -позиций расширяется, а их последовательность произвольна. Над осью изображены неизвестные позиции $n(m)$ и $n(f)$, которые формально могли бы быть включены в указанную группу. Подчеркнём, что изображен уровень n - параметра порядка, обозначение которого совпадает с одной

из характеристик, расположенных на этом уровне, а именно n . Указанный процесс мы понимаем как детализацию уровня параметра порядка.

Идея работы поясняется на рис.1с. С одной стороны, у нас имеется модель, позволяющая судить о начальных этапах развёртывания свободной от специфики протоструктуры при участии параметра порядка n . Особый интерес представляет её эволюционно зрелая фаза, модель которой ещё не построена. С другой стороны, известны наблюдательные данные – характеристики эволюционно зрелой планетной системы. Мы объединяем модель с наблюдательными данными, предполагая, что известная структура в этом плане может оказаться полезной для изучения эволюции в абстрактной структуре. Добавим, что процессы самоорганизации являются сложными, и мы не видим ничего предосудительного в том, чтобы использовать для их понимания данные наблюдений.

Объектом исследования в работе является, прежде всего, группа n -позиций в центре рис.1b, которую мы будем [17] именовать спектром, а также и сама протоструктура. Структурные события разворачиваются на числовой оси. Все анализируемые позиции рассматриваются как иерархически упорядоченная сеть, не наделённая спецификой реальных объектов. Подход в целом [7] ориентирован на реализацию последнего уровня в триаде Ю.Вигнера *события – законы – принципы симметрии*. Работа носит поисковый характер.

Задача работы в практическом плане сводится к тому, чтобы: а) для каждой из планет Солнечной системы вывить характерный спектр параметра порядка n , который символически представлен в центре рис.1b; б) определить массы планет; в) сопоставить модельные результаты с известными физическими данными. Дополнительно для пояса астероидов ставится задача оценить массу и период обращения предполагаемого исходного объекта, который мы согласно традиции условно представим как Фаэтон.

Задача работы в методическом плане заключается в том, чтобы для абстрактной структуры: а) разработать способ совместного описания различных относительных характеристик, размещённых на уровне параметра порядка n ; б) навести порядок в структуре n -позиций на этапе эволюционной зрелости; в) представить обнаруженный порядок так, чтобы его можно было интерпретировать и как отношения в абстрактной системе, и как отношения в системе планет.

Предлагаемое решение. 1. Для каждой из планет выбираются фрагменты структуры n -уровня, а именно $n(b)$, $n(a)$, $n(T)$ и n , которые соответственно представляют малую и большую полуоси орбиты, период обращения и относительный момент количества движения; позиция $n(a)$ иногда опускается. 2. Предлагаются связи позиций $n(m)$ и $n(f)$ с m и f соответственно. 3. При использовании названных фрагментов и структурных соображений n -уровень реконструируется в полном объёме; основой конструирования является представление о циклической повторяемости разрешенных состояний. 4. Искомые массы m определяются на основе выявленных позиций $n(m)$. 5. Уровень n представляется как образец самоорганизации в структуре, которая лишена специфики природных объектов.

2. ПРОТОСТРУКТУРА И УРОВЕНЬ ПАРАМЕТРА ПОРЯДКА.

Протоструктура [7] состоит из двух компонент, которые составлены из циклов. Интересующая нас здесь жесткая компонента (ЖК) представлена на рис.2 одним циклом 1:10, где $\alpha^{-1} \equiv 1 + \alpha \equiv (\sqrt{5} + 1) / 2 = 1,618033\dots$ – золотое сечение. Мягкая компонента (МК) в настоящей работе не рассматривается. Любая позиция в цикле ЖК читается над осью как a и дополнительным образом под осью как $1/a$. Узлы ЖК пронумерованы при $k=1-10$, в ряде случаев для упрощения схемы они обозначены только с одной стороны оси. Узлы $k=5$ и 6 расщеплены, т.е. состоят из двух элементов. Позиции в указанном цикле протоструктуры читаются одинаковым образом как слева направо (над осью от 1), так и справа налево (под осью от 0,1). Протоструктура формирует спектр разрешенных в процессе эволюции состояний.

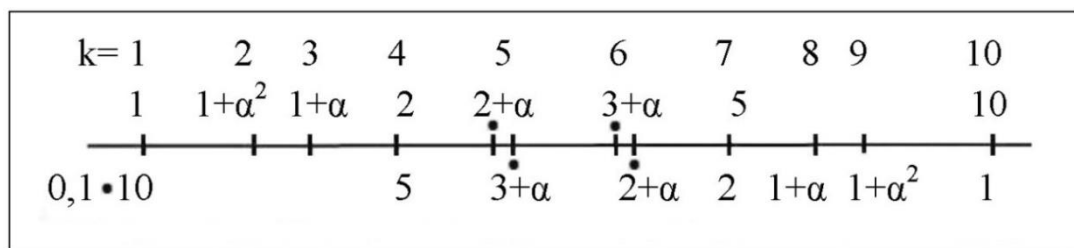


Рис. 2. Один цикл жесткой компоненты (ЖК) протоструктуры. Здесь $\alpha^{-1} \equiv 1 + \alpha = 1,618\dots$ - золотое сечение, под осью множитель $0,1$ вынесен влево, масштаб логарифмический.

Параметр порядка: уровни $n - r - T$. При конструировании параметра порядка [8] вводятся две первичные характеристики r_k/r_1 и T_k/T_1 . Они задаются ЖК с рис.2 и расположены в центре рис.3а на уровнях r - и T - соответственно. После этого они объединяются на n -уровне с образованием параметра порядка n_k , который задаётся аналогичным образом. При этом границы трёх циклов T_k/T_1 и двух циклов r_k/r_1 совмещаются и совпадают с границами одного цикла n_k .

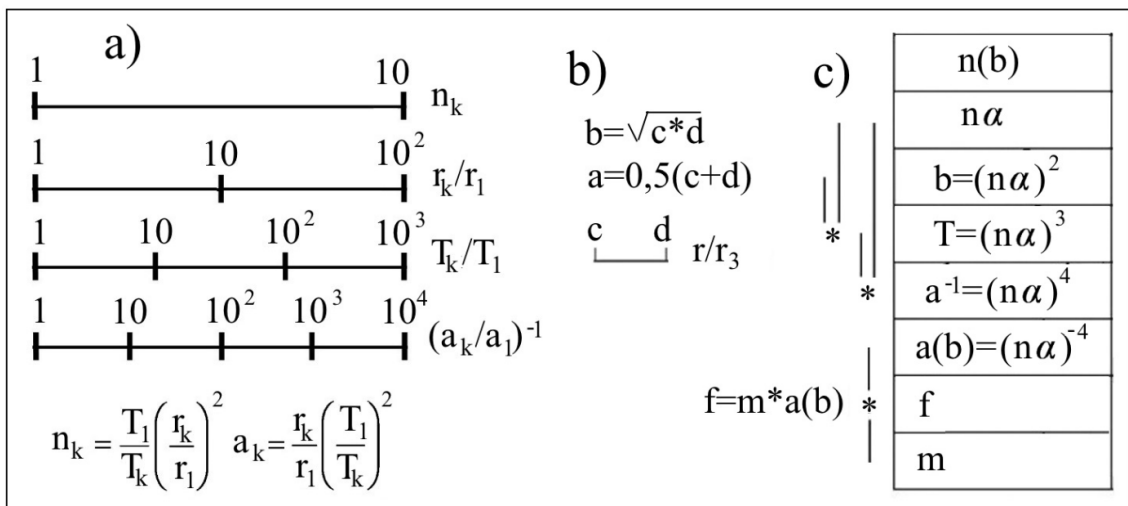


Рис. 3. Структурные уровни и их заполнение: а) снизу вверх уровни $a - T - r - n$, на которых представляются соответствующие характеристики; б) позиции c и d на r -уровне и варианты их группировки; в) упрощённое изображение уровней в виде вертикальной схемы. Масштаб условный, циклы в а) представлены только границами.

На границах циклов имеет место связь $B^2=AC$, которая распространяется на все k -узлы:

$$r_k = n_k^2 r_1 = n_k^2 \alpha^2 r_3 \quad n_k = \left(\frac{r_k}{r_1} \right)^2 \frac{T_1}{T_k} = \left(\frac{r_k}{r_3} \right)^2 \frac{T_3}{\alpha T_k} \quad (1)$$

$$T_k = n_k^3 T_1 = n_k^3 \alpha^3 T_3 \quad \frac{r_3}{r_1} = \left(\frac{n_3}{n_1} \right)^2 = (1 + \alpha)^2 = \alpha^{-2} \quad \frac{T_3}{T_1} = \alpha^{-3}$$

Здесь нормировка r_k и T_k представлена в двух вариантах, при этом вариант $k=3$ выбран как удобный для приложения.

Детализация n -уровня. Рис.2 может быть интерпретирован, в частности, как распределение позиций n_k . Тогда отдельная позиция n_k задаёт одну позицию r_k/r_3 и одну позицию T_k/T_3 ; исключениями являются узлы $k=5$ и 6 . В абстрактной системе отношений узлы в результате взаимодействия расщепляются. Например, на r -уровне у каждой позиции [8] формируются \max и \min положения – c и d , а при их объединении появляются позиции a и b , как это показано на рис.3b. Соответственно, на n -уровне формируются позиции $n(c)$ - $n(b)$ - $n(a)$ - $n(d)$, задаваемые (1); здесь $n(b)^2=n(c)*n(d)$, позиция $n(T)$ для узлов $k=5$ и $k=6$ фиксируется в процессе согласования.

Другие уровни. Предварительно отметим, что вводимый далее a -уровень не имеет прямого отношения к среднеарифметической позиции a , представленной на рис.3b. Уровень a - [8] формируется снизу на рис.3а, где в один цикл n_k включаются четыре цикла a -характеристики. Здесь над осью расположены узлы $(a_k/a_1)^{-1}$, а под осью – узлы a_k/a_1 . В таком случае выполняются соотношения:

$$a_k = \frac{1}{n_k^4 \alpha^4} \frac{r_3}{T_3^2} = \frac{a_1}{n_k^4} = \frac{a_3}{n_k^4 \alpha^4} \quad a_k = \frac{r_k}{r_1} \left(\frac{T_1}{T_k} \right)^2 = \frac{r_k}{\alpha^4 r_3} \left(\frac{T_3}{T_k} \right)^2$$

$$a_1 = \frac{r_3}{\alpha^4 T_3^2} \quad a_3 = \frac{r_3}{T_3^2} \quad (2)$$

При сравнении позиций n_k и a_k в нижней части рисунка нетрудно видеть, что они, а также первичные характеристики r_k/r_1 и T_k/T_1 рассматриваются в симметричном плане (пояснения в разделе 3). На рис.3а все характеристики циклически воспроизводятся вдоль числовой оси влево и вправо. Далее все нормировки производятся на $k=3$.

На рис.3с уровни с рис.3а представлены одной из позиций как вертикальная схема, при этом позиция b выбрана как исходная при анализе. Соответственно на n -уровне расположена позиция $n(b)$, а под ним формально введён дополнительный уровень na , который связан с нормировкой. На уровнях ниже согласно (1) и (2) располагаются позиции b , T , a^{-1} и $a(b)$. В последнем случае символ в скобках добавлен, чтобы отличить $a(b)$ от позиции a на r -уровне, которая показана на рис.3b.

В нижней части схемы [13] представлены уровни f - и m -, где размещаются позиции f и m . Нормировка на $k=3$ везде опускается, т.е., например, вместо m/m_3 пишется m . На m -уровне размещаются [13] масштабные коэффициенты, при этом f понимается как характеристика, связывающая позиции на уровнях m - и a -. Поскольку позиции a -уровня читаются [8] под осью, для уровней f - и m - представленная выше

цикличность нарушается. Это значит, что на смену достаточно простым и наглядным связям вида (1) и (2) приходят другие связи, которые необходимо выявить.

Сверху слева на рис.3с выделены появившиеся в системе новые связи, которые отмечены звёздочкой, а именно: база (см. *) равна произведению крыльев (см. концы расходящихся от базы линий). Для объединения позиций a , f и m принимается эта новая связь $f=m*a(b)$. Также принимается позиция $n=b^2/T\alpha$, где α появляется согласно (1) как результат нормировки на $k=3$. Так нами представляется структурную модель, которая не имеет пока отношения к Солнечной системе.

Интерпретация характеристик. При рассмотрении Солнечной системы [8] допускается, что r_k/r_3 – расстояния, а T_k/T_3 – периоды обращения; при этом $r_3=a.e.=1,495978*10^8$ км., а $T_3=365,2564$ дня. Узлы $k=1-4$ соответствуют Меркурию, Венере, Земле и Марсу, $k=5$ – пояс астероидов, $k=6$ – Юпитер, $k=7$ – Сатурн, $k=9$ – Уран, $k=10'$ – Нептун и $k=10$ – Плутон. Позиция $k=8$ представляет [9, 10] Хирон. Для планеты k параметр p_k в (1) трактуется [8] в простейшем случае кругового движения как относительный момент количества движения, т.е. [15] площадь, описываемая (“заметаемая”) движущимся телом в единицу времени при нормировке на первую позицию. В иных случаях позиция p_k привязана к b_k , т.е. условна. Позиции на уровнях a -, f - и m - понимаются как ускорения, центростремительные силы и массы соответственно. В физике силы и ускорения не представляются относительно Земли; в модели мы их фиксируем так же, как и другие характеристики. Названия характеристик a (большая полуось) и $a(b)$ (ускорение) выбраны так, чтобы их интерпретация не противоречила принятым в физике обозначениям.

3. МЕТОДИКА И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.

Уровни, узлы и связи. Уровни, которые мы выделяем в процессе анализа, именуется [15] уровнями иерархии. Методика [7] является тринитарной, используются как основа два вида связи, а именно $V^2=AC$ и $V=AC$ (здесь – впервые). Позиция V именуется базой, а C и A её крыльями; соответственно используются обозначения —•— и —*—. Структура представляется [5] как сеть, состоящая из узлов – разрешенных состояний и связей между ними – правил. Наличие или изменение связей между узлами понимается как их взаимодействие. Совокупность исследуемых позиций рассматривается как самоорганизующаяся система отношений, которая эволюционирует от этапа к этапу или от шага к шагу. Последовательность структурных событий именуется сценарием. Порядок трактуется [3] как наличие однотипных отношений в анализируемой группе позиций на числовой оси. Под совместимостью понимается отсутствие противоречивости между позициями, которые принадлежат к разным узловым конфигурациям.

Основные приёмы. 1. Учитывается предыстория и реализуется опора [2] на симметричный план. Последний понимается как ситуация, при которой элементы триады ставятся в равные условия. Например, база может рассматриваться как крыло или наоборот, или позиции в связях выполняют одинаковые роли, как это показано снизу на рис.3а. 2. Принимается во внимание то обстоятельство, что структура как [5] фрейм разворачивается от несовершенных и плохо согласованных вариантов к лучшим образцам. Иногда структурная ситуация рассматривается с разных точек зрения. 3.

Предпринимается попытка [4] заместить “эволюцию к тому, что мы надеемся узнать” “эволюцией от того, что мы знаем”. Новые связи не навязываются системе, а извлекаются из того, что получено ранее на основе прежних связей. 4. Для выявления закономерностей используется представление [16, 17] о необходимости максимально дистанцироваться от конкретики. 5. Учитывается точка зрения [1], согласно которой для понимания Солнечной системы следует продвигаться от известного её состояния к ранним этапам эволюции (от конца к началу; в нашем понимании это – реконструкция).

Ключевые допущения. 1. Каждый спектр n -позиций рассматривается изолированно в предположении, что он не противоречит каким-либо внешним связям; исключения оговариваются. 2. На n -уровне между позициями реализуются только связи вида $V^2=AC$. 3. Наличие позиций $n(b)$ и $n(T)$ является достаточным для формирования согласованных с ними и между собой позиций $n=b^2/T\alpha$, $n(f)$, $n(a)$ и $n(m)$; исключения оговариваются. 4. Позиция $n(b)$ принимается как ключевая: от неё целиком зависит позиция $a(b)$ и частично позиция $n=b^2/T\alpha$. 5. Выполняется связь $f=m*a(b)$, а также предлагаемые далее связи f с $n(f)$ и m с $n(m)$.

Мы исходим из того, что устойчивость совокупности n -позиций основана на циклическом повторении этих позиций, которые разделены отрезками оси одинаковой длины – единичными отрезками. Основой отдельной группировки является структурное основание – диапазон единичного отрезка Δ^* , выбор которого ориентирован на соображения удобства. Единичный отрезок, как правило, выделяется пунктиром. В процессе эволюции структурные основания сменяют друг друга, в результате чего в группе n -позиций реализуются разные состояния. Разрешенные состояния, в идеале, должны находиться на границах единичных отрезков. В конечном состоянии должны быть выполнены соотношения (1) - (2) и все предлагаемые связи. Поиск прекращается, если не обнаруживаются причины, по которым можно улучшить согласование позиций.

Процедура поиска и состояния. В последующих разделах, каждый из которых посвящён отдельному узлу k , рассматривается согласование n -позиций. Часть из них интерпретируется, а остальные играют роль центров симметрии. В начале раздела выставляются исходные условия, а также иногда принимается упрощающее допущение $n(a)=n(T)$, что позволяет определить T/T_3 согласно (1) и $n=b^2/T\alpha$. Поскольку связи f с $n(f)$ и m с $n(m)$ неизвестны, они также предлагаются в начале раздела. Здесь используются выражения вида $(n\alpha)^p$, где p – целое число, что соответствует принятому правилу ориентироваться на уже имеющиеся связи (1) и (2). Как исключение, перед указанными выражениями допускаются дополнительные коэффициенты, которые ориентированы на цикличность с основанием 10 (например, 0,1 и 10). Если пишется выражение вида $f=(n\alpha)^p$, то предполагается, что здесь $n=n(f)$. Далее связи проверяются на примере n -позиций в состоянии, которое соответствует рис.2 и трактуется как *исходное*. Проверка сводится к поиску и фиксации связи двух или более позиций на подчинённых параметру порядка уровнях, в результате которой все позиции на n -уровне совпадают. Иногда приводятся дополнительные связи.

Каждая позиция k рассматривается на отдельном рисунке, в верхней части которого для удобства контроля выставляются позиции b и $a(b)$ (в приложении – малая полуось и ускорение). Поиск напоминает конструирование. Он делится на шаги S , в

каждом из них фиксируется одно из состояний n -позиций анализируемого узла k . Гипотеза выдвигается, если возникают затруднения при моделировании на основе простых соображений вида $B^2=AC$. Иногда используется принцип близости: выбирается модельная позиция, расположенная вблизи позиции ЖК протоструктуры. Смысл, которым наделяется каждое из состояний, поясняется в тексте, например, указывается, что оно сформировано на основе предыстории.

Состояния представляются как триада: *исходное – промежуточное – текущее*. *Исходное состояние*, как уже сказано, соответствует рис.2 и на рисунках не представлено. *Промежуточное состояние* отличается тем, что основой сборки является инвариант $1/137,0360$ (пояснения в разделе 4). *Текущее состояние* представляется тремя разными способами; по-существу, это варианты реконструкции группы n -позиций по выбираемым известным фрагментам. Следует понимать, что реконструкция возможна лишь при использовании модельных соображений в той или иной степени. Нас здесь более всего интересует именно реконструкция и в меньшей степени эволюция. Буквы перед термином “состояние” обозначают позиции, на которые мы опираемся при реконструкции (b не используется, поскольку участвует всегда).

Если группа строится при участии известной позиции T , то речь идёт о T -состоянии. В этом случае используются соображения симметрии, выявляется модельная позиция $n(m)$ и далее определяется m . Здесь, собственно, формируется основной модельный результат. В g -состоянии, которое понимается как вспомогательное при поиске, используются позиции c , d или a . Если же сборка происходит при участии известных позиций T и m , то реализуется mT -состояние. В таком случае фиксируются наблюдательные данные, переведённые на n -уровень с помощью связей, в частности, модельная позиция $n(m)$ определяется на основе m ; поиска здесь нет. Сопоставление T -состояния с mT -состоянием позволяет сравнить модельную и известную позиции m .

Термины. Выбор трактуется как вариант отбора. Сценарием именуется последовательность структурных событий. Ядром называется группа позиций n - $n(b)$ - $n(T)$, с которой, как правило, начинается формирование сценария. Диапазон Δ группы n -позиций понимается как отношение наибольшей позиции к наименьшей. Знак δ представляет разницу при сравнении двух позиций. Масштаб на рисунках условный. Знаки триад, соответствующие связи $B^2=AC$, выставляются под осью; в ряде случаев обозначается база группы $n(\downarrow)$. Иногда отношения или количество единичных отрезков в пределах всего отрезка обозначается мелкими цифрами над или под осью. При поиске используются значения $\alpha=0,6180340$; $\alpha^2=0,3819660$; $\alpha^3=0,2360680$; запись чисел на рисунках реализуется при использовании девяти знаков. Если имеется расхождение в позициях, то различающиеся цифры подчёркиваются. Термины “узел” и “позиция”, а также “формирование” и “сборка” понимаются как синонимы.

Опорные данные. Наблюдаемые для планетных орбит и планет позиции b , a и T представлены [6, 19] в таблице 1, где они выделены и согласно (1) переведены на n -уровень. Позиции $n=b^2/Та$ добавлены как своего рода преемники или аналоги исходных n -позиций, которые можно видеть на рис. 2. Нумерация соответствует [8].

Таблица 1. Наблюдательные данные (выделены) для планетных орбит и планет и их модельное представление. Здесь [6] b и a – малая и большая полуоси, а.е. – астрономическая единица (в модели – r_3), T – период обращения [19] (в модели год = T_3); $n(b)$, $n(a)$ и $n(T)$ вычислены согласно (1), $n = b^2/Ta$ – относительный момент количества движения.

k	Планета	b (а.е.)	n(b)	a (а.е.)	n(a)	T(год)	n(T)	$n=b^2/Ta$
1	Меркурий	0,3788265	0,9958819	0,3870989	1,0066967	0,2408418	1,0066959	0,9641319
2	Венера	0,7233154	1,3761048	0,7233320	1,3761206	0,6151788	1,3761151	1,3760737
3	Земля	0,9998605	1,6179211	1,0000001	1,6180340	1	1,6180340	1,6175826
4	Марс	1,5170001	1,9928768	1,5236623	1,9972488	1,8808158	1,9972682	1,9797602
6	Юпитер	5,1972667	3,6887154	5,2033630	3,6908782	11,861774	3,6900947	3,6845799
7	Сатурн	9,5230800	4,9931701	9,5370703	4,9968365	29,456623	4,9970682	4,9814932
9	Уран	19,169904	7,0843109	19,191264	7,0882567	84,010574	7,0865079	7,0777227
10'	Нептун	30,067855	8,8723542	30,068963	8,8725177	164,78843	8,8708084	8,8769917
10	Плутон	38,240103	10,005693	39,481687	10,166828	247,92065	10,164637	9,5436177

Узлы $k=5$ и $k=8$ в таблице не представлены; они при образовании узлового комплекса [9] распадаются, что в приложении для $k=5$ приводит [10] к формированию пояса астероидов.

4. УЗЕЛ $k=3$ – ЗЕМЛЯ – рис.4.

Исходные данные: $k=3$ в таблице 1. Связи: $f=(n\alpha)^4$ и $m=n\alpha$. Специфика: позиции $k=3$ используются при нормировке. Узлу $k=3$ на рис.2 соответствуют позиции: $b=T=a(b)=1$. При проверке связей принимаем $m=T=f=1$. Констатируем $n(b)=n(T)=n=n(m)=n(f)=1+\alpha$.

В данном случае не ставится задача определения m_3 ; нас здесь интересует порядок на n -уровне и применимость предлагаемых связей.

Гипотеза. Узел $k=3$ оказывает значительное влияние на эволюцию узлов $k=1-10$. Устойчивое отношение – инвариант $1/137,0360$, возникающий [12] на одном из этапов формирования названного узла, участвует, так или иначе, в процессе сборки остальных узлов цикла 1:10. Эволюционное состояние для узла k , которое реализуется при участии названного инварианта или его части, именуется далее промежуточным. В ряде случаев позиция $n(m)$ формируется именно в промежуточном состоянии.

$S=1$. Обращаемся к предыстории. Показываем, что на предыдущем этапе формирования узел $k=3$ [12] расщепляется. Напоминаем, что здесь и далее под осью отмечаем базу группы триадой. Расщепление $\Delta_3 = (1+1/137,03600)^2$ [13] зависит от инварианта $1/137,03600$, для которого имеется аналитическое выражение. Мы используем в настоящей работе его часть – инвариант $\sqrt[4]{\Delta_3} = 1,0036420$, который удобен для описания незначительных эволюционных изменений в структуре. Он может быть охарактеризован и как структурное основание представляемой группы узлов, и как единичный отрезок Δ^* . В данном случае расщепление Δ_3 состоит из четырёх единичных отрезков оси Δ^* .

$S=2$. Формируем промежуточное состояние. Выбираем в качестве базы узел $1+\alpha=1,6180340=n(b)=n(T)=n(m)$ при Δ_3 и Δ^* , как в $S=1$. Группа незначительно отличается от представленной в $S=1$, её сборку осуществляем при использовании только инварианта $1,0036420$ и позиции ЖК протоструктуры $1+\alpha$ с рис.2.

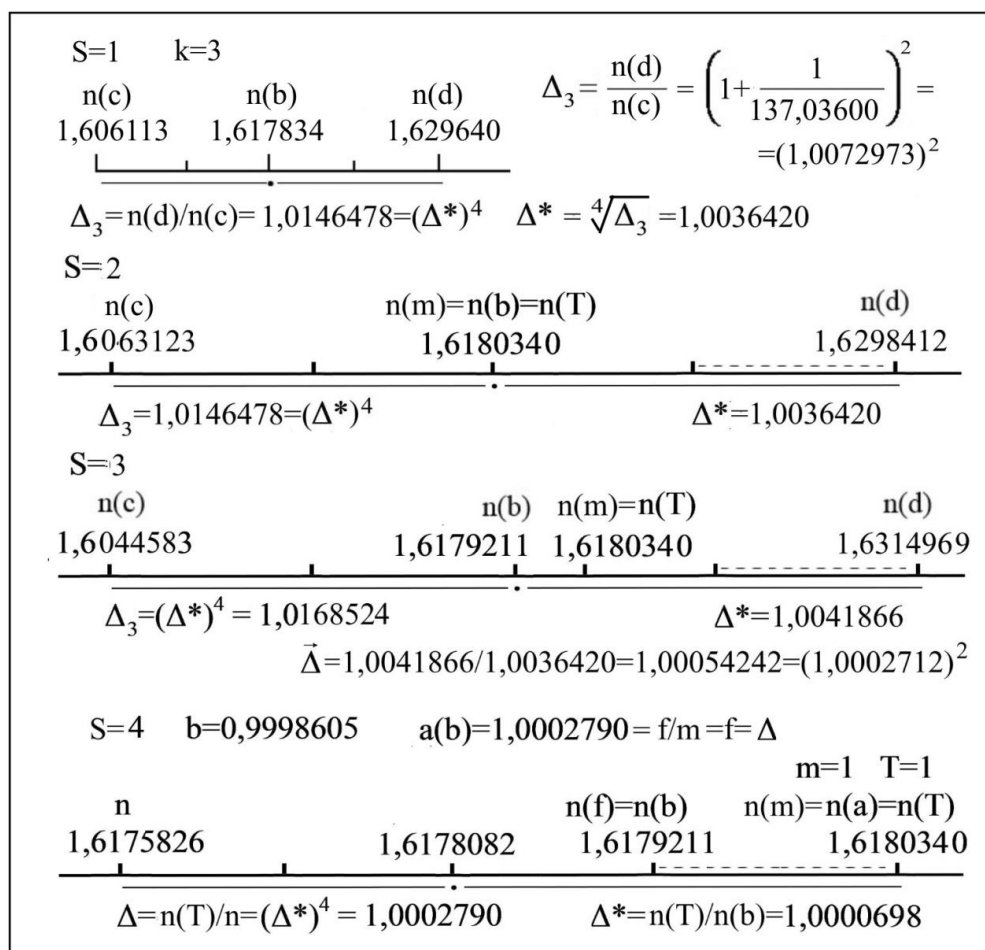


Рис. 4. Группировка n-позиций для Земли (узел k=3): S=1 – предыстория; S=2 – промежуточное состояние; S=3 – r-состояние; S=4 – mT-состояние.

S=3. Опираемся на граничные позиции n-уровня и формируем согласно (1) r-состояние, соответствующее наблюдаемым позициям c, b, d, и принятым значениям T и m. Здесь [6] $c=0,98328989r_3$ и $d=1,01671033r_3$. Определяем расщепление Δ_3 и констатируем, что соответствующая позиция Δ^* близка к инварианту 1,003642; отличие не превышает 0,05%; сдвиг $\bar{\Delta}$ показываем под осью.

S=4. Формируем mT-состояние. Принимаем $n(T)=n(m)$, выставляем на оси позиции n(b), n и $n(T)=n(m)=1+\alpha=1,6180340$. Рассматриваем $\Delta^*=n(T)/n(b)$ как структурное основание и единичный отрезок, отмечаем его пунктиром. Убеждаемся в том, что весь представленный интервал состоит из четырёх единичных отрезков оси; диапазоны указываем под осью. Принимаем $n(f)=n(b)$, определяем f и констатируем равенство $f/m=a(b)$. В данном случае mT-состояние не отличается от T-состояния.

Комментарий. Группа n-позиций n-n(f)=n(b)-n(m)=n(T) характеризуется диапазоном $\Delta=1,0002790$ при структурном основании $\Delta^*=1,0000698$. Ядро n-n(b)-n(T) делится позицией n(b) в отношении 3:1. Группа устойчива, поскольку $\Delta=f=f/m=a(b)$, т.е. часть позиций демонстрирует совместимость (вырождена). Количество единичных отрезков (4) коррелирует с показателем степени в соотношении $f=(n\alpha)^4$. Обратим внимание на то, что $\Delta_3=d/r_3$ при $\delta=1,4*10^{-2}\%$. При сравнении S=4 с S=3 следует

отметить, что $\bar{\Delta} = \Delta^2$, т.е. сдвиг есть диапазон в квадрате при $\delta = 1,6 * 10^{-3} \%$. Мы считаем, что этот факт также указывает на участие инварианта 1,0036420 в сборке узла $k=3$.

5. УЗЕЛ $k=1$ – МЕРКУРИЙ – рис.5.

Исходные данные: $k=1$ в таблице 1. Связи: $f=(n\alpha)^2$ и $m=(n\alpha)^6$. Узлу $k=1$ на рис.2 соответствуют позиции: $b=\alpha^2=0,3819660$; $T=\alpha^3=0,236068$; $a(b)=(1+\alpha)^4=6,8541020$. При проверке связей принимаем $T^2=f*[a(b)]^{-1}$. Констатируем: $m=\alpha^6=5,5728096*10^{-2}$; $f=\alpha^2=0,3819660$; $n(b)=n(T)=n=n(m)=n(f)=1$. Другие связи: $f=b$; $m*b=m*f=[a(b)]^2$.

$S=1$. Формируем Т-состояние (1) – это первый из двух вариантов. Выставляем на оси позиции $n(b)$, T , $n(T)$, после чего определяем и выставляем n .

Гипотеза 1. Отрезок оси от $n(b)$ до $n(T)$ состоит из трёх единичных отрезков Δ^* и при этом $n(m)=n(b)/\Delta^*$, а $n(f)=n*(\Delta^*)^6$.

Определяем структурное основание и соответствующий ему единичный отрезок Δ^* , который обозначаем пунктиром. Определяем позиции $n(m)$ и $n(f)$, вычисляем m и f , и убеждаемся в том, что $f/m=a(b)$; рассогласование имеется в шестом знаке после запятой (см. подчёркнутое).

Комментарий. В $S=1$ группа позиций $n-n(f)-n(m)-n(b)-n(T)$ имеет диапазон $\Delta=1,0441473$ при структурном основании $\Delta^*=1,0036065$. Диапазон составлен из четырёх одинаковых отрезков 1,0145043 (см. под осью), а также из двенадцати единичных отрезков Δ^* (см. над осью). В группе $n(m)-n(b)-n(T)$ позиция $n(b)$ делит её в отношении 1:3. В диапазоне Δ (в ядре) позиция $n(b)$ также делит его в отношении 3:1. Почти каждая из рассматриваемых n -позиций играет роль либо базы, либо крыла в различных триадах. Основание $\Delta^*=1,0036065$ характеризуется сдвигом $\bar{\Delta}=1,0000354$ относительно инварианта 1,0036420, т.е. $\delta=3,5*10^{-3} \%$. Отметим, что группу можно сформировать без обращения к наблюдаемой позиции T , а используя приближение $n(a)=n(T)$; в этом случае $T_1/T_3=0,2408425$. Модельная масса $m_1/m_3=5,3203517*10^{-2}$ соответствует [18] известной массе $m_1/m_3=5,5*10^{-2}$ в пределах 3,3%.

$S=2$. Формируем Т-состояние (2). Как и в случае $S=2$, выставляем на оси позиции $n(b)$, T , $n(T)$ и n .

Гипотеза 2. Отрезок оси от $n(b)$ до $n(T)$ состоит из шести единичных отрезков Δ^* и при этом $n(m)=n(b)*(\Delta^*)$, а $n(f)=n(b)*(\Delta^*)^3$.

Определяем структурное основание Δ^* и обозначаем соответствующий ему единичный отрезок пунктиром. Определяем позиции $n(m)$ и $n(f)$, вычисляем m и f , констатируем, что диапазон состоит из 24 единичных отрезков и что $n(f)^2=n(b)*n(T)$. Убеждаемся в том, что $f/m=a(b)$; рассогласование имеется в шестом знаке после запятой (см. подчёркнутое).

Комментарий. При сравнении $S=1$ и $S=2$ видим, что при ориентации на точность мы не можем сделать выбор. По этой причине используем принцип близости и выбираем $S=3$, поскольку позиция f в таком случае ближе к позиции протоструктуры $1+\alpha^2=1,3819660$. Модельная масса $m_1/m_3=5,4955557*10^{-2}$ соответствует [18] известной массе Меркурия $5,5*10^{-2}m_3$ в пределах 0,08%. Возможно, в $S=1$ представлен этап эволюции, предшествующий $S=2$.

Определение относительных масс планет на основе характеристик их орбит...

S=3. Формируем m T-состояние. Наносим на ось, как и в S=1, позиции n, n(b) и n(T). Не повторяем под осью отношения, которые с ними связаны. Добавляем известную позицию m₁/m₃, определяем n(m). Пользуясь равенством f/m=a(b), определяем f, а затем n(f). Здесь нет вариантов симметрии, характерных для S=2, что, возможно, указывает на необходимость корректировки m₁/m₃ в S=3.

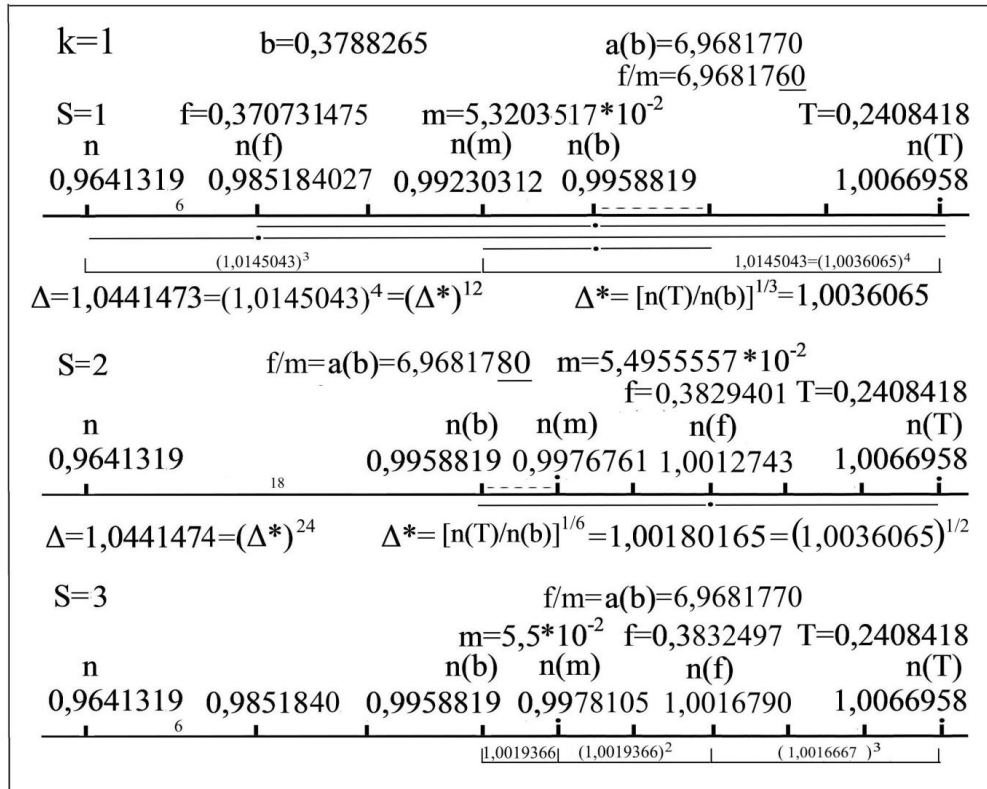


Рис. 5. Группировка n-позиций для Меркурия (узел k=1): S=1 и 2 – альтернативные T-состояния; S=3 – mT-состояние.

6. УЗЕЛ k=2 – ВЕНЕРА – рис.6.

Исходные данные: k=2 в таблице 1; при n(a)=n(T) T=0,6151862 и n=1,3760572. Связи: f=(nα)⁻³ и m=nα. Имеется предыстория [13]. Узлу k=2 на рис.2 соответствуют позиции: b=0,7294901; T=0,6230590; a(b)=1,8791485. При проверке связей принимаем f=1/T. Констатируем: m=0,8541020; f=1,6049844; n(b)=n=n(T)=n(m)=n(f)=1+α². Другие связи: m*T=b².

Выскажем предварительное суждение. При исследовании узла k=2 не удаётся добиться устойчивости группы n-позиций, анализируя изолированно T-состояние. По этой причине мы рассматриваем эволюцию названного узла более подробно, в частности, учитываем предысторию и рассматриваем начальные этапы эволюции.

S=1. Формируем r-состояние. Принимаем условие n(a)=n(T) и выставляем на оси позиции n(b), n и n(a)=n(T). Отмечаем, что между n и n(T) размещаются 3+1=4 равных отрезка оси, обозначаем их над осью.

Гипотеза. При формировании r-состояния реализуются позиции ЖК протоструктуры с рис. 2 f/m=2 и f=1+α=1,6180340. Здесь мы ориентируемся на принцип близости: f/m≈a(b).

Выставляем $m=f/a(b)=(1+\alpha)/2\equiv(1+\alpha^3)^{-1}=0,8090170$, после чего согласно имеющимся связям вычисляем $n(m)=m*(1+\alpha)=(2+\alpha)/2=1,3090170$ и $n(f)$.

Диапазон всего отрезка Δ указываем под осью и представляем его, подобно ядру, состоящим из четырёх единичных отрезков Δ^* ; значение Δ^* здесь условно. Под осью же справа показываем, как эта позиция Δ^* может быть представлена с помощью отношения $1,0032259$, близкого к инварианту $1,0036420$. Трактует полученную группировку как грубое приближение. Констатируем, что позиции $n(m)$ и $n(f)$ выходят за пределы интервала $n(c)-n(d)$, если использовать [6] $c=0,7184327 r_3$; $d=0,7282313 r_3$ и (1).

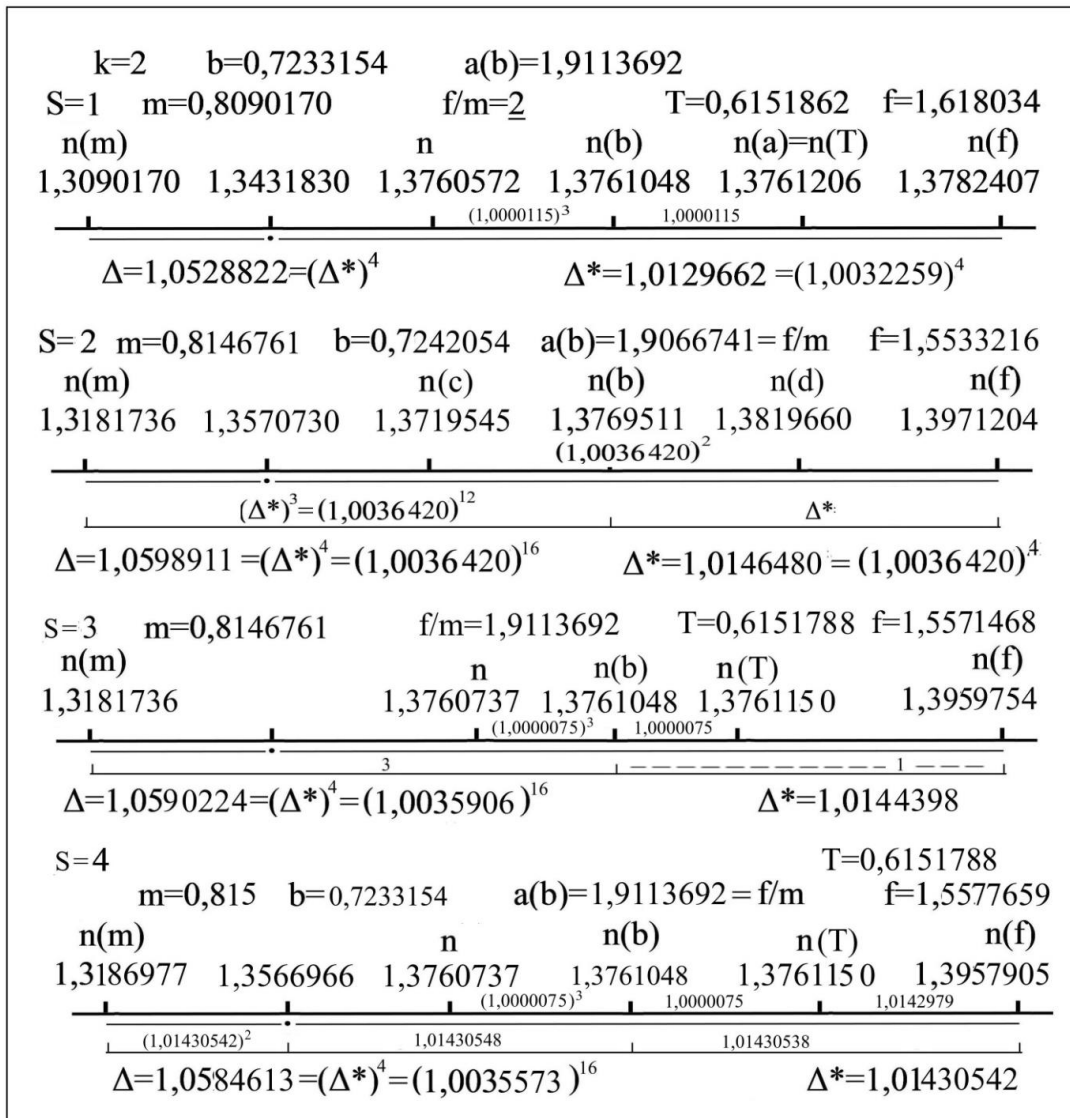


Рис. 6. Группировка n-позиций для Венеры (узел k=2): S=1 – r-состояние; S=2 – промежуточное состояние; S=3 – T-состояние; S=4 – mT-состояние.

S=2. Конструируем промежуточное состояние, включаем в рассмотрение позиции $n(c)$ и $n(d)$ для узла $k=2$, используем инвариант $1,0036420$ и позицию $n(d)=1+\alpha^2=1,3819660$, которая близка к $n(d)$ в $S=1$. Учитывая реальное отношение $n(d)/n(c)$, выбираем $n(d)/n(c)=(1,0036420)^2$. Принимаем $\Delta=(1,0036420)^{16}$. Все интервалы фиксируем в таблице 2, которая призвана продемонстрировать согласованность

Определение относительных масс планет на основе характеристик их орбит...

отношений в пределах промежуточного состояния. Выставляем все позиции, ориентируясь на интервалы в $S=1$, фиксируем совпадение $f/m=a(b)$. Обозначаем интервалы под осью; обращаем внимание на то, что позиция $n(b)$ не соответствует исходным данным. Полученные позиции $n(m)=(1+\alpha^2)/(1,003642)^{13}=1,3181736$ и m считаем далее устойчивыми.

Таблица 2. Отношения между позициями узла $k=2$ в промежуточном состоянии.
Позиция 1,0036420 - инвариант.

$(1+\alpha^2)/n(b)=n(b)/n=$	$=\Delta^*$	$=1,0036420$	$(1+\alpha^2)n=$	$=(\Delta^*)^2$	$=1,0072975$
$n(f)/n(b)=$	$=(\Delta^*)^4$	$=1,0146480$	$T/\alpha=b*(1+\alpha^2)$	$\approx(\Delta^*)^{1/4}$	$=1,008268$
$n(b)/n(m)=$	$=(\Delta^*)^{12}$	$=1,0445907$	$\Delta=n(f)/n(m)=$	$=(\Delta^*)^{16}$	$=1,0598928$

$S=3$. Формируем T -состояние. Наносим на ось позиции $n(b)$, T , $n(T)$ и n , а также $n(m)$ из $S=2$. Констатируем, что в ядре позиция $n(b)$ делит его в отношении 3:1.

Гипотеза. Диапазон всей группы n -позиций состоит из четырёх единичных отрезков оси, т.е. $\Delta=(\Delta^*)^4$. При этом позиция $n(b)$ также делит его в отношении 3:1 и, кроме того, $n(f)=n(b)*\Delta^*$, а $n(m)=n(b)/(\Delta^*)^3$.

Качественно изображаем под осью четыре единичных интервала. Определяем позиции Δ^* , Δ и $n(f)$, после чего вычисляем m и f . Убеждаемся в том, что $f/m=a(b)$.

Комментарий. Группа n -позиций $n(m)-n-n(b)-n(T)-n(f)$ имеет диапазон $\Delta=1,0590224$ при структурном основании 1,0144398. Ядро $n-n(b)-n(T)$ значительно меньше диапазона группы. Позиция $n(b)$ делит в отношении 3:1 как диапазон группы, так и его ядро. Устойчивость группы реализуется при выборе $n(m)$ согласно $S=3$ и предложенных в гипотезе отношений. Если в качестве структурного основания выбрать включённое в Δ отношение 1,0035906, то его сдвиг относительно инварианта 1,003642 составляет $\vec{\Delta}=1,0000512$, т.е. $\delta=5,1*10^{-3}\%$.

Модельная масса $m_2/m_3=0,8146761$ не отличается от [18] известной массы Венеры 0,815 m_3 в пределах 0,04%.

$S=4$. Формируем mT -состояние. Как и в $S=3$, выставляем на оси позиции n , $n(b)$, $n(T)$, добавляем известную позицию m_2/m_3 и определяем $n(m)$. Пользуемся равенством $f/m=a(b)$, определяем f и $n(f)$, выставляем диапазоны и фиксируем отношения. Видим, что имеются незначительные расхождения представленных здесь позиций как между собой, так и с $S=3$. Отсутствие совместимости относим за счёт недостаточно точного значения m_2/m_3 .

7. УЗЕЛ $k=4$ – МАРС – рис.7.

Исходные данные: $k=4$ в таблице 1. Связи: $m=(n\alpha)^{-10}$ и $f=(n\alpha)^{-14}$. Узлу $k=4$ на рис.2 соответствуют позиции: $b=1,5278640$; $T=1,8885440$; $a(b)=0,4283813$. При проверке связей принимаем $T^2=a(b)*m^{-1}$. Констатируем: $m=0,1201092$, $f=5,1452551*10^{-2}$; $n(b)=n(T)=n=n(m)=n(f)=2$. Другие связи не обнаружены.

$S=1$. Формируем T-состояние. Наносим на ось позиции $n(b)$, $n(T)$ и n . Отношение $n(T)/n(b)=\Delta^*$ принимаем как структурное основание, а Δ^* трактуем, как единичный отрезок оси и отмечаем его пунктиром. Констатируем, что $n(b)/n=(\Delta^*)^3$, т.е. ядро группы делится позицией $n(b)$ в отношении 3:1.

$k=4$	$b=1,5170001$	$a(b)=0,4345390$	$f/m=0,4345388$		
$S=1$		$T=1,8808158$	$f=4,6364460 \cdot 10^{-2}$	$m=0,1066981$	
n	$n(b)$	$n(T)$	$n(\downarrow)$	$n(f)$	$n(m)$
1,9797602	1,9928768	1,9972682		2,0149307	2,0238203
$\Delta=(\Delta^*)^{10}=1,0222553=(1,0036753)^6$				$\Delta^*=1,0022035$	
$S=2$	$T=1,8808158$	$f=4,6669490 \cdot 10^{-2}$	$m=0,107$		
n	$n(b)$	$n(T)$	$n(f)$	$n(m)$	
1,9797602		1,9972682	2,0012944	2,0139871	2,00224938
$\Delta=1,0215852=(1,0021378)^{10}$		$2,0010129$		$\Delta^*=1,0021097$	
$\Delta^*=n(T)/n(b)=1,0022035$					

Рис. 7. Группировка n-позиций для Марса (узел $k=4$): $S=1$ – T-состояние; $S=2$ – mT-состояние.

Гипотеза. Реализуется связь $n(f)=[n(T)]^2/n$. Другими словами, позиция $n(T)$ рассматривается как база при левом крыле n и при этом формируется правое крыло, которое трактуется как $n(f)$. Формируются связи $n(\downarrow)=[n(T)]^2/n(b)$ и $n(m)=[n(\downarrow)]^2/n$. Иначе говоря, позиция $n(T)$ рассматривается как база при левом крыле $n(b)$ и правом крыле, которое понимается как база группы $n(\downarrow)$. На основе указанной базы формируется $n(m)$, как указано выше.

Выполняем условия, изложенные в гипотезе. Определяем позиции f и m , после чего убеждаемся в том, что $f/m=a(b)$.

Комментарий. Группа позиций $n-n(b)-n(T)-n(f)-n(m)$ имеет диапазон $\Delta=1,0222553$ при структурном основании $\Delta^*=1,0022035$. Диапазон состоит из десяти единичных отрезков, что коррелирует с показателем степени в $m=(n\alpha)^{-10}$. Ядро группы $n-n(b)-n(T)$ состоит из четырёх единичных отрезков.

Позиция $n(b)$ делит ядро группы $n-n(b)-n(T)$ в отношении 3:1, а его диапазон Δ – в отношении 3:7. Для представленного в Δ отношения 1,0036753 характерен сдвиг $\vec{\Delta}=1,0000332$ относительно инварианта 1,0036420, т.е. $\delta=3,3 \cdot 10^{-3}\%$.

Модельная масса $m_4/m_3=0,1066981$ соответствует [18] известной массе Марса $m_4/m_3=0,107$ в пределах 0,28%.

$S=2$. Формируем mT-состояние. Как и в $S=1$, наносим на ось позиции $n(b)$, $n(T)$ и n . При известной позиции $m_4/m_3=0,107$ выставляем $n(m)$. Пользуясь равенством $f/m=a(b)$, определяем f , после чего выставляем $n(f)$. Под осью фиксируем отношение $n(m)/n(f)$. Констатируем, что структурные основания, полученные из разных источников, рассогласованы, что интерпретируем как результат недостаточно точного значения m_4/m_3 .

8. УЗЕЛ $k=5$ – ФАЭТОН (условно) – рис. 8.

Исходные данные: $k=5$ на рис.1; $n(c)=2+\alpha=2,6180340$; $n(d)=[0,1(3+\alpha)]^{-1}=2,7639320$; $n(b)=2,6899940=\sqrt{10}(1+\alpha^2)^{-0,5}$; $c=2+\alpha=2,618034$; $d=2,917960$. При $n(a)=n(T)$ $T=4,6052000T_3$ и $n=b^2/T\alpha=2,684070$.

Связи: $f=(n\alpha)^{-3}$ и $m=n\alpha$. Узлу $k=5$ на рис.2 соответствуют позиции: $b=10(3+\alpha)^{-1}=2,7639317$; $T=4,5950588$; $a(b)=0,05(2+\alpha)=0,1309017$. При проверке связей принимаем $f=T^{-1}$. Констатируем: $m=1,6625077$; $f=0,2176253$ при $n(b)=n(T)=n=n(m)=n(f)=2,6899940$. Другие связи: $m*f=b^{-1}$; $m*b=T$; $m*T=b^2$.

Специфика. В процессе эволюции узел $k=5$ [9] распадается [11] до конечного состояния. Ниже предлагается сценарий, описывающий начальное состояние узла.

$S=1$. Поскольку позиция T нам неизвестна, формируем r -состояние. При условии $n(a)=n(T)$, наносим на ось позиции n , $n(b)$ и $n(a)=n(T)$. Принимаем диапазон единичного отрезка оси $\Delta^*=n(T)/n(b)$ и убеждаемся в том, что весь отрезок оси содержит четыре единичных отрезка, т.е. $n(T)/n=(\Delta^*)^4$.

Гипотеза 1. Напомним, что $n(T)/n$ – диапазон ядра группы. Если $n(T)\neq n(a)$, между одинаковыми интервалами в пределах ядра сохраняется отношение 3:1, как в $S=1$. Диапазон $\Delta=[n(T)/n]^4$, т.е. состоит из четырёх одинаковых отрезков.

Гипотеза 2. Обращаемся к предыстории. При начале группировки в системе $k=1-10$ m -позиции образуют сеть, которая состоит из триад разного рода. Позиция m_5/m_3 входит в состав одной из триад как база, при этом её левое крыло $0,1(1+\alpha)$ реализуется под осью как 10α . Правое же крыло над осью есть исходная позиция $m_{10}/m_3=(1+\alpha)^6=17,944272$, а под осью – исходная позиция m_1/m_3 . Таким образом, база $m_5/m_3=(0,1\alpha^{-7})^{1/2}=1,7039496$ является исходной характеристикой узла $k=5$.

$S=2$. Представляем предложенную в гипотезе 2 триаду. При использовании её базовой позиции m_5/m_3 , а также связей и известной позиции $a(b)$ получаем позиции $f=m*a(b)$, $n(m)$ и $n(f)$, которые указаны справа. Интерпретацию оставляем для комментария.

$S=3$. Формируем T -состояние. Опираясь на результаты $S=2$, выставляем на оси позиции $n(f)$, $n(b)$ и $n(m)$. Определяем диапазон Δ , принимаем согласно гипотезе 1, что он, как и ядро, состоит из четырёх одинаковых отрезков оси. Определяем диапазон одного такого отрезка, который согласно гипотезе 1 равен $n(T)/n$, после чего делим его на четыре единичных отрезка Δ^* . Согласно $S=1$ расставляем отношения в ядре 3:1. Выставляем на оси $n=n(b)/(\Delta^*)^3$, а также $n(T)=n(b)\Delta^*$, после чего определяем T и n . Убеждаемся в том, что $n=b^2/T\alpha$ и $f/m=a(b)$.

Комментарий. Группа n -позиций $n(f)-n-n(b)-n(T)-n(m)$ имеет диапазон $\Delta=1,0333737$ при структурном основании $\Delta^*=1,0010264$. В ядре $n-n(b)-n(T)$ позиция $n(b)$ делит его в отношении 3:1. Устойчивость группы достигается при условиях, изложенных в гипотезах и, в частности, при выборе позиции $m_5=(0,1\alpha^{-7})^{1/2}m_3$. Сдвиг отношения $n(T)/n=1,0041129$ относительно инварианта $1,003642$ составляет $\vec{\Delta}=1,0004692$, т.е. $\delta=0,05\%$.

Модельная масса $m_5/m_3=1,7039496$ понимается как исходная масса пояса астероидов, которая ещё не распалась и имеет период обращения $T_5/T_3=4,6092231$.

В S=2 позиция $m_{27d}/m_3=6,180340$ интерпретируется [10] как масса, связанная с 27-дневным циклом солнечной активности на момент его зарождения; позиции 17,94427 трактуется как исходная масса планеты Нептун (узел $k=10'$). Сейчас масса, ответственная за указанный в S=2 цикл, составляет [13] $m_{27d}/m_3=6,008$, а Нептун характеризуется [18] массой $m=17,15$. Для массы всего пояса астероидов известны оценки от 0,06% m_3 (собственно малые планеты) до $\approx 1m_3$ (малые планеты плюс космический мусор).

	$k=5$	$b=2,7639320$	$a(b)=0,1309017$	$T=4,6052000$	
S=1	n			$n(b)$	$n(a)=n(T)$
	2,6840700			2,6899941	2,6919715
	----- ----- ----- ----- -----			----- ----- ----- ----- -----	
	$n(T)/n=(\Delta^*)^4=1,0029436$			$\Delta^*=n(a)/n(b)=1,0007351$	
S=2	цикл 27d	m_5	m_{10}'	$n(m)=2,7570483$	
	0,1618034	1,7039496	17,944272	$f=0,2230499$	
	6,1803400	0,5868718	0,0557281	$n(f)=2,6680069$	
S=3	$f=0,2230499$	$f/m=0,1309017$	$T=4,6092231$	$m=1,7039496$	
	$n(f)$	n	$n(b)$	$n(T)$	$n(m)$
	2,6680069	2,6817273	2,6899941	2,6927552	2,7570483
	----- ----- ----- ----- -----		----- ----- ----- ----- -----		
	$1,0082411=(1,0041120)^2$		$1,0249273=(1,0041120)^6$		
	----- ----- ----- ----- -----		----- ----- ----- ----- -----		
	$(1,0010264)^3$		1,0010264		
	$\Delta = n(m)/n(f)=1,0333737$			$(\Delta^*)^4 = n(T)/n=1,0041120$	
	$= (1,0041120)^8 = (\Delta^*)^{32}$			$\Delta^* = n(T)/n(b)=1,0010264$	

Рис. 8. Группировка n-позиций для узла $k=5$ (Фэтон - условно): S=1 – r-состояние; S=2 – предыстория; S=3 – T-состояние.

9. УЗЕЛ $k=6$ – ЮПИТЕР – рис. 9.

Исходные данные: узел $k=6$ в таблице 1. Связи: $m=(n\alpha)^7$ и $f=(n\alpha)^3$. Узлу $k=6$ на рис.2 соответствуют позиции: $n(b)=[10(1+\alpha^2)]^{1/2}=3,7174803$; $b=5,2786402$; $m=337,93043$; $f=12,127831$; $n(b)=n(T)=n=n(m)=n(f)=3,7174803$. Также $m=T*[a(b)]^{-1}$.

S=1. Формируем T-состояние. Выставляем позиции $n(b)$, T, $n(T)$, n и наносим над и под осью отношения между позициями. Отношение $n(T)/n(b)=\Delta^*$ характеризуем как структурное основание, а соответствующий ему отрезок – как единичный, отмечаем его пунктиром. Рассматриваем позицию n как базу при правом крыле $n(b)$ и формируем левое крыло, которое интерпретируем как $n(f)$, после чего определяем f. Под осью обозначаем отношение $n/n(f)$. Отмечаем (см. под осью), что позиция $n(b)$ делит диапазон Δ в отношении 6:1.

Гипотеза. Позиция $n(m)$ делит интервал $n(b)/n$ в отношении 1:6, т.е. дополнительным образом, если обратиться к диапазону Δ .

Делим интервал $n(b)/n$ на семь равных отрезков, определяем их диапазон, после чего выставляем $n(m)$ и определяем m. Убеждаемся в том, что $f/m=a(b)$.

Комментарий. Группа позиций $n(f)-n-n(m)-n(b)-n(T)$ имеет диапазон $\Delta=1,0026204$ при структурном основании $\Delta^*=1,0003739$. Диапазон Δ делится позицией

Определение относительных масс планет на основе характеристик их орбит...

$n(b)$ в отношении 6:1, а диапазон $n(b)/n$ делится позицией $n(m)$ в отношении 1:6. Диапазон группы Δ состоит из семи единичных отрезков, а диапазон ядра – из четырёх; отношения показаны под осью. Позиция $n(b)$ делит диапазон $n(T)/n$ в отношении 3:1. Отрезок оси от n до $n(b)$ состоит из семи одинаковых отрезков. Одновременно он состоит из трёх единичных отрезков Δ^* , что можно видеть под осью. Имеется корреляция между показателями степеней в $m=(n\alpha)^7$ и в отношениях, указанных под осью.

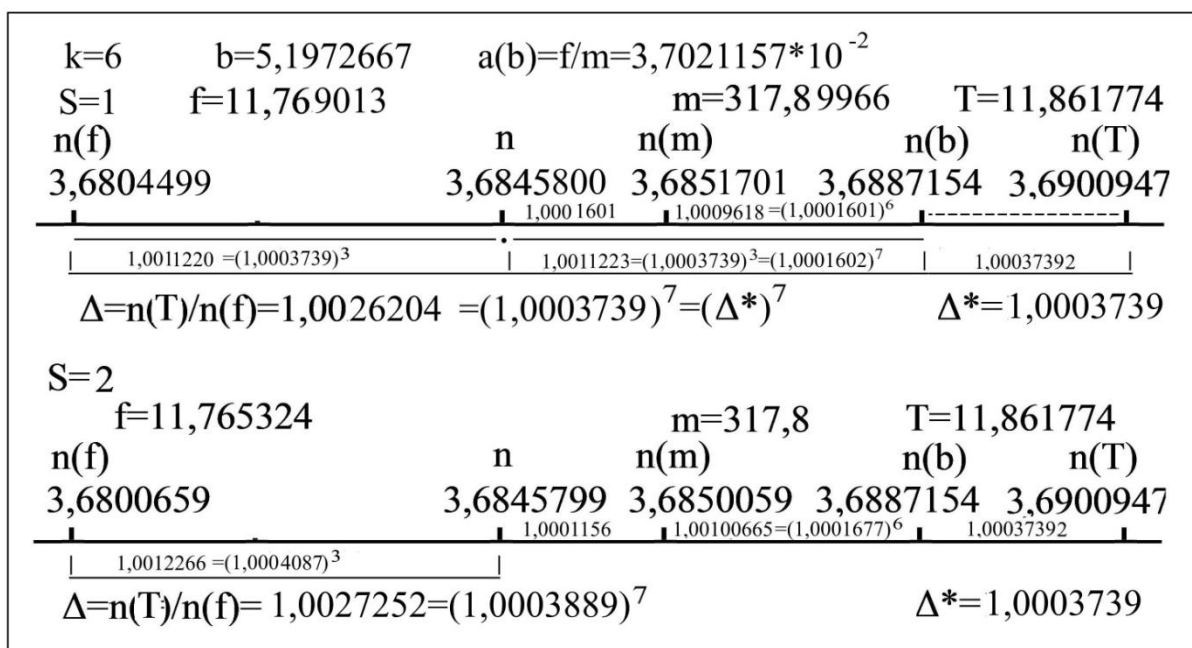


Рис. 9. Группировка n -позиций для Юпитера (узел $k=6$): $S=1$ – T -состояние; $S=2$ – mT -состояние.

Устойчивость группы реализуется при условии $n^2=n(f)*n(b)$ или иначе при условии $[(n(T)/n(b))]^3=n/n(f)$. Зависимость всех позиций от структурного основания Δ^* представляется очевидной.

Модельная масса $m_6/m_3=317,89966$ не отличается от [18] известной массы Юпитера $317,8m_3$ в пределах 0,03%.

$S=2$. Формируем mT -состояние. Повторяем представленные в $S=1$ позиции n , $n(b)$ и $n(T)$ и соответствующие им отношения. Выставляем известную массу m_6/m_3 , определяем $n(m)$, после чего пользуемся равенством $f/m=a(b)$ и определяем f , а затем $n(f)$. Выставляем имеющиеся отношения по аналогии с $S=1$. Здесь единичные отрезки, определённые разными способами, между собой не совпадают. Трактует указанную несовместимость как результат недостаточно точной позиции m_6/m_3 .

10. УЗЕЛ $k=7$ – САТУРН – рис. 10.

Исходные данные: узел $k=7$ в таблице 1. Связи: $f=10(n\alpha)^{-2}$ и $m=10(n\alpha)^2$. Узлу $k=7$ на рис. 2 соответствуют позиции: $n(b)=5$; $b=9,5491500$; $T=29,508500$; $a(b)=1,0966562*10^{-2}$. При проверке связей рассматриваем совместно позиции $[a(b)]^{-1}=91,241$ и $b=9,549$, после чего допускаем $10b=m$. Определяем $m=95,491506$;

Определение относительных масс планет на основе характеристик их орбит...

отношении делит отрезок от базы группы $n(\downarrow)$ до $n(b)$. Диапазон Δ характеризуется сдвигом $\bar{\Delta}=1,0005138$ относительно инварианта $1,0036420$, т.е. $\delta=0,05\%$.

Устойчивость группы реализуется при условии $n(T)/n(b)=[n(f)/n(b)]^3$. Она поддерживается многочисленными связями, представленными в $S=1$.

Модельная масса $m_7/m_3=95,181259$ не отличается от [18] известной массы Сатурна $95,2m_3$ в пределах $0,02\%$.

$S=2$. Формируем mT -состояние. Здесь повторяем представленные в $S=1$ позиции n , $n(b)$ и $n(T)$, а также соответствующие им отношения. Выставляем известную массу m_7/m_3 , определяем $n(m)$, после чего, пользуясь равенством $f/m=a(b)$, определяем f , а затем $n(f)$. Выставляем имеющиеся отношения по аналогии с $S=1$. Тракуем имеющиеся различия с $S=1$ как результат недостаточно точного значения m_7/m_3 .

11. УЗЕЛ $k=9$ – УРАН – рис. 11.

Исходные данные: $k=9$ в таблице 1. Связи: $f=(n\alpha)^{-2}$ и $m=(n\alpha)^2$. Специфика: узел $k=8$ слева [9] распадается. Узлу $k=9$ на рис.2 соответствуют позиции: $n(b)=7,2360680$; $b=20$; $T=89,442728$; $a(b)=2,5*10^{-3}$. Проверка связей. Принимаем $T^2=f*a(b)$, определяем $f=0,05$ и $m=20$; $n(b)=n(T)=n=n(m)=n(f)=7,2360680$. Другие связи: $b=m=f^{-1}=f*[a(b)]^{-1}$.

$S=1$. Формируем T -состояние. Выставляем позиции $n(b)$, T , $n(T)$, n и наносим над осью отношения между позициями. Отношение $n(T)/n(b)=\Delta^*$ характеризуем как структурное основание, а соответствующий ему отрезок – как единичный, выделяем его пунктиром.

Отмечаем, что отрезок оси между n и $n(b)$ состоит из трёх единичных отрезков; другими словами, ядро группы делится позицией $n(b)$ в отношении $3:1$.

Приходим к заключению, что неясно, как предложить на указанной основе адекватные позиции $n(f)$ и $n(m)$. По этой причине учитываем указанную выше специфику.

Гипотеза. Позиция $n(m)$ формируется под влиянием узла $k=8$, т.е. позиции $n=10\alpha=6,1803399$, представленной на рис.1; при этом позиция $n(m)=10\alpha*\Delta^*$.

$k=9$						$b=19,169904$	$f/m=$	$a(b)=2,7211980*10^{-3}$
$S=1$						$T=84,010574$		
$\Delta^*=1,0003102$	$m=14,598857$	$\Delta=1,0003102$	$f=(3,9726380)*10^{-2}$					
$n(m)$	n	$n(b)$	$n(T)$	$n(f)$				
10α 6,1822570	7,0777227	7,0843109	7,0865079	8,1179830				
$\Delta=n(f)/n(m)=1,3131099$		$n(T)/n=(\Delta^*)^4=1,0012414$		$\Delta^*=1,0003102$				
$S=2$								
$1,0003493$	$m=14,6$	$f/m=a(b)$	$T=84,010574$	$f=3,9729491*10^{-2}$				
$n(m)$	n	$n(b)$	$n(T)$	$n(f)$				
10α 6,1824991	7,0777227	7,0843109	7,0865079	8,1176651				
$\Delta=1,3130071$		$n(T)/n=(\Delta^*)^4=1,0012412$		$\Delta^*=1,0003102$				

Рис. 11. Группировка n -позиций для Урана (узел $k=9$): $S=1$ – T -состояние; $S=2$ – mT -состояние.

Выставляем предложенную в гипотезе позицию $n(m)$ и определяем m . Принимаем $n(f)=[n(b)]^2/n(m)$, вычисляем $n(f)$ и f , после чего констатируем, что $f/m=a(b)$. Указываем под осью диапазон Δ . Фиксируем под осью знаком триады выполнение условия $n(b)^2=n(m)*n(f)$. Определяем $\Delta=1,3131099$.

Комментарий. Группа позиций $n(m)$ - $n(b)$ - $n(T)$ - $n(f)$ характеризуется диапазоном $\Delta=1,3131099$. Значительная разница между диапазоном группы и диапазоном ядра $(\Delta^*)^4$ не позволяет с уверенностью говорить о связи вида $\Delta=(\Delta^*)^p$. Устойчивость группы реализуется при условии $\Delta^*=n(T)/n(b)=n(m)/10\alpha$. В ядре $n(b)$ - $n(T)$ позиция $n(b)$ делит его в отношении 3:1. Если анализировать эволюцию, можно, в принципе, рассматривать “идеальные” позиции $n(m_9)=10\alpha$ и соответственно $m_9/m_3=100\alpha^4=14,589804$. Сдвиг $[n(T)/n]^3=1,0037288$ относительно инварианта 1,0036420 составляет $\bar{\Delta}=1,0000865$, т.е. $\delta=8,6*10^{-3}\%$.

Модельная масса $m_9/m_3=14,598857$ соответствует [18] известной массе Урана 14,6 m_3 в пределах $7,8*10^{-3}\%$.

$S=2$. Формируем mT -состояние. Как и в $S=1$, выставляем позиции $n(b)$, T , $n(T)$, n , Δ^* и наносим над осью отношения между позициями. Выставляем известную позицию m_9/m_3 , определяем $n(m)$, $n(f)$ и Δ . Отсутствие равенства $n(m)/10\alpha \neq \Delta^*$ здесь мы связываем с недостаточно точным значением m_9/m_3 .

12. УЗЕЛ $k=10'$ – НЕПТУН – рис. 12.

Исходные данные: узел $k=10'$ в таблице 1. Связи: $f=0,1(n\alpha)^{-1}$ и $m=0,1(n\alpha)^3$. Специфика: можно показать, что согласно модели в представленную на рис.2 систему узлов $k=1-10$ узел $10'$ включается дополнительно как результат взаимодействия ЖК и МК протоструктуры. При этом узлу $k=10'$ исходно соответствуют следующие позиции: $n(b)=8,8721390$; $b=30,066397$; $T=164,86259$; $a(b)=1,1062090*10^{-3}$. Проверка связей. Согласно гипотезе, представленной на рис.8, исходная масса Нептуна составляет 17,944272. При проверке связей здесь мы выдвигаем альтернативную гипотезу и допускаем $T=10m$. Констатируем: $m=16,486259$; $f=1,823725*10^{-2}$; $n(b)=n(T)=n(n) = n(f)=8,8721390$. Другие связи: $f*m=10^2b$.

$S=1$. Формируем T -состояние. Выставляем позиции $n(b)$, T , $n(T)$ и n . Отношение $n(b)/n(T)=\Delta^*$ характеризуем как структурное основание, а соответствующий ему отрезок – как единичный, отмечаем его пунктиром. Констатируем, что отрезок оси от $n(b)$ до n состоит из трёх единичных отрезков. Таким образом, отрезок от $n(T)$ до n состоит из четырёх единичных отрезков и делится позицией $n(b)$ в отношении 1:3.

Гипотеза 1. Принимаем для правой границы некоторую “идеальную” позицию $m=(1+\alpha)^6=17,944272$ согласно соображениям, высказанным при обсуждении узла $k=5$ (см. раздел 8); определяем соответствующую “идеальную” позицию $n(m)=9,1263316$. Согласование реализуется при условии $n(m)=n(d)^2/n(c)$, где позиция $n(m) \approx 9,1263316$. $S=2$. Формируем $г$ -состояние. Ищем реальную позицию $n(m)$. В нижней строке представляем [6] перигелий и афелий орбиты Нептуна, т.е. позиции c/c_3 и d/d_3 ; здесь b/b_3 – малая полуось эллипса. В верхней строке выставляем соответствующие (1) позиции параметра порядка. Рассматриваем позицию $n(d)$ как базу при левом крыле $n(c)$ и получаем правое крыло – позицию $n(m)$.

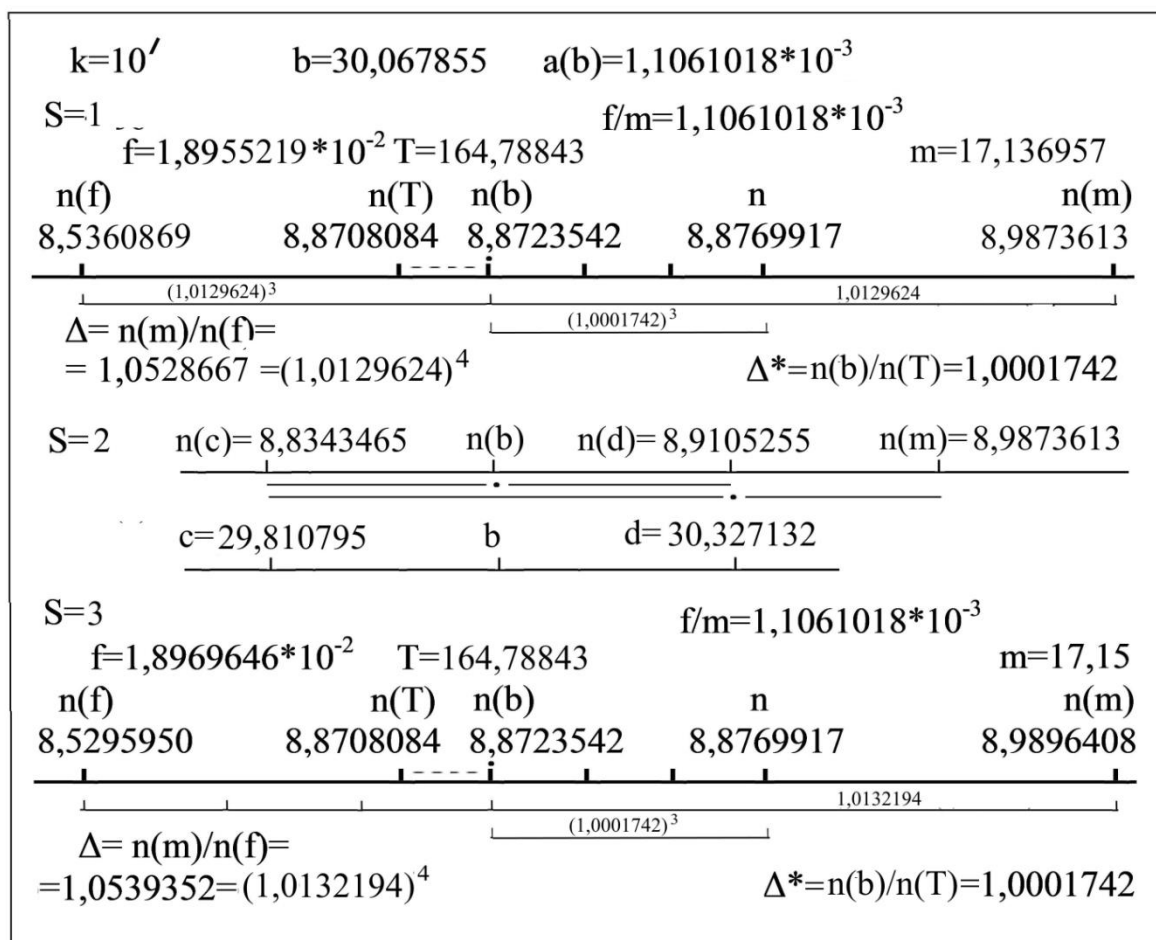


Рис. 12. Группировка n-позиций для Нептуна (узел $k=10'$): $S=1$ – T-состояние; $S=2$ – r-состояние; $S=3$ – mT-состояние.

Выставляем в $S=1$ позицию $n(m)$ из $S=2$ и определяем m . Выставляем под осью отношение $n(m)/n(b)$.

Гипотеза 2. Позиция $n(b)$ делит диапазон $\Delta=n(m)/n(f)$ в отношении 3:1, т.е. дополнительным образом по отношению к ядру.

В $S=1$ определяем $n(f)$ при условии $n(b)/n(f)=[n(m)/n(b)]^3$, после чего вычисляем f и убеждаемся в том, что $f/m=a(b)$. Определяем диапазон Δ .

Комментарий. Группа позиций $n(f)-n(T)-n(b)-n-n(m)$ имеет диапазон $\Delta=1,0528667$. Структурное основание здесь выбрано $\Delta^*=n(b)/n(T)$, однако неясно, как его связать с диапазоном Δ . В ядре $n(T)-n(b)-n$ позиция $n(b)$ делит его в отношении 1:3. Диапазон Δ делится позицией $n(b)$ в отношении 3:1, т.е. дополнительным образом по отношению к ядру группы. При сравнении данных, представленных в $S=1$ и $S=2$, обнаруживается простая связь $[n(d)/n(c)]^6=(1,00862304)^6=1,0528666=\Delta$, которая, с нашей точки зрения, подтверждает справедливость модельных соображений. Устойчивость группы достигается при условии $n(m)=n(d)^2/n(c)$. Связь с инвариантом 1,0036420 здесь отчётливо не просматривается.

Модельная масса $m_{10}/m_3=17,136957$ не отличается от [18] известной массы Нептуна $17,14m_3$ в пределах $1,8 \cdot 10^{-4}\%$.

$S=3$. Формируем mT -состояние. Повторяем представленные в $S=1$ позиции n , $n(b)$ и $n(T)$ и соответствующие им отношения. Выставляем известную массу m_{10}/m_3 , определяем $n(m)$ и обозначаем под осью отношение $n(m)/n(b)$. Затем, пользуясь равенством $f/m=a(b)$, определяем f , а затем $n(f)$. Обозначаем под осью диапазоны и убеждаемся в том, что единичные отрезки несколько различаются. Обнаруженное отсутствие совместимости, по нашему мнению, связано с недостаточно точным значением m_{10}/m_3 .

13. УЗЕЛ $k=10$ – ПЛУТОН – рис. 13.

Исходные данные: узел $k=10$ в таблице 1. Связи: $f=10^{-5}(n\alpha)^{-1}$ и $m=10^{-5}(n\alpha)^3$. Узлу $k=10$ на рис. 2 соответствуют позиции: $n(b)=10$; $b=38,196600$; $T=236,0680$; $a(b)=(1+\alpha)^4 \cdot 10^{-4}=6,8541015 \cdot 10^{-4}$. При проверке связей здесь имеем несколько вариантов поиска, которые приводим в таблице 3. Для двух близких позиций $a(b)$ и $T^{-1}=4,236 \cdot 10^{-3}$ определяем их базу $1,7039 \cdot 10^{-3}$ и допускаем, что она есть вариант I для m ; определяем здесь и далее соответствующую позицию f . Далее, выбирая близкие позиции ЖК протоструктуры с рис.2, формируем варианты II –IV. Констатируем: при выборе варианта IV $n(b)=n(T)=n(m)=n(f)=10$; $a(b)=f^4 \cdot 10^{20}$; $T=m \cdot 10^5$; $f^2=b^{-1} \cdot 10^{-10}$. В других вариантах n -позиции расщепляются, например, в случае II $n(m)=9,462$ и $n(f)=11,803$, а в случае III $n(m)=9,487$ и $n(f)=11,708$.

Таблица 3. Варианты поиска позиций m и f для проверки предложенных связей. Позиции ЖК протоструктуры выделены.

	I	II	III	IV
m	$1,7039495 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2,0162613 \cdot 10^{-3}$	$2,2360680 \cdot 10^{-3}$
f	$1,1679043 \cdot 10^{-6}$	$1,3708203 \cdot 10^{-6}$	$1,3819660 \cdot 10^{-6}$	$1,6180340 \cdot 10^{-6}$

$S=1$. Формируем T -состояние. Выставляем позиции $n(b)$, T , $n(T)$, n и наносим над осью отношения между позициями. Отношение $[n(T)/n(b)]^{1/2}=\Delta^*$ принимаем как структурное основание, а соответствующий ему отрезок – как единичный. Констатируем, что отрезок оси между $n(b)$ и n заполнен шестью единичными отрезками, т.е. между n и $n(T)$ отношение длин отрезков 3:1 при границе $n(b)$. Отношения указываем над осью.

Гипотеза. Допускаем, что $n(m)=n/\Delta^*$ и тем самым располагаем между $n(m)$ и $n(b)$ семь единичных отрезков. Предполагаем, что в пределах диапазона Δ имеет место подобие с ядром, однако он делится дополнительным образом - в отношении 1:3 при границе $n(b)$. Поскольку слева от $n(b)$ имеются семь единичных отрезков, постольку справа от $n(b)$ располагается двадцать один единичный отрезок.

Формируем позицию $n(m)$ согласно гипотезе, отмечаем здесь единичный отрезок пунктиром, после чего определяем m . Формируем позицию $n(f)$ согласно гипотезе и определяем f . Убеждаемся в том, что $f/m=a(b)$.

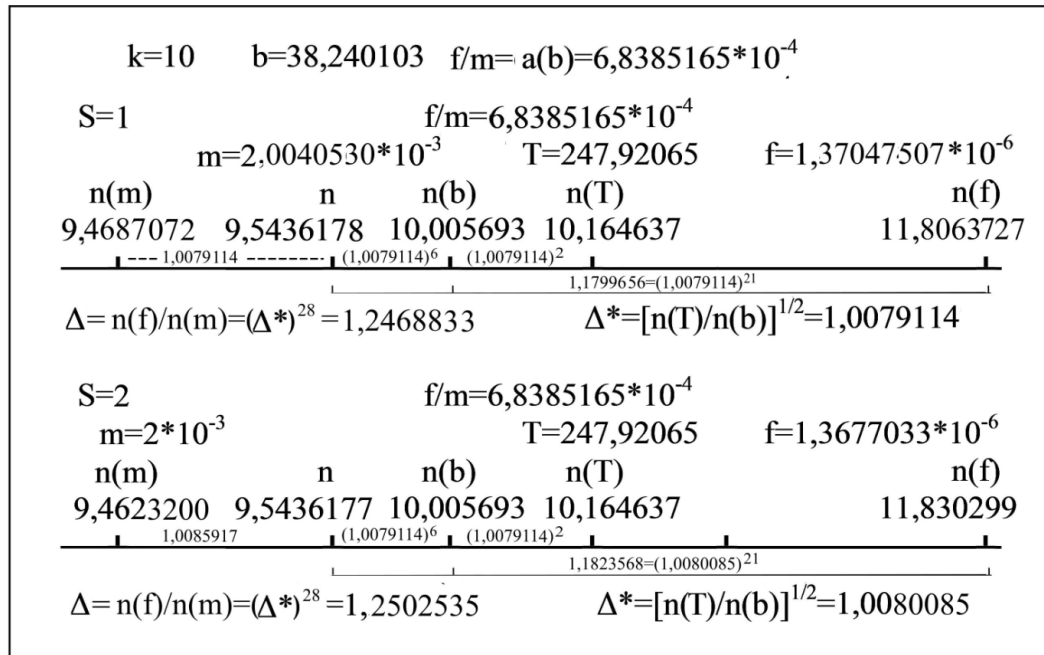


Рис. 13. Группировка n-позиций для Плутона (узел k=10): S=1 – T-состояние; S=2 – mT-состояние.

Комментарий. Группа n-позиций n(m)-n-n(b)-n(T)-n(f) характеризуется диапазоном Δ=1,2468833 при структурном основании Δ*=1,0079114. Диапазон группы Δ состоит из 28 единичных отрезков, а диапазон ядра – из 8. Группа строится на противопоставлении отношений отрезков 3:1 и 1:3 в ядре и в диапазоне Δ соответственно. Зависимость всех позиций от структурного основания Δ* представляется очевидной. Позиция n(f) выходит за пределы n₁₀(d₁₀)=11,36144, где d₁₀=49,30503r₃ – афелий. Устойчивость группы реализуется при условии n(T)/n(b)=[n/n(m)]². Сдвиг отношения [n(T)/n(b)]^{1/4}=1,0039479 относительно инварианта 1,0036420 составляет Δ̄=1,0003948, т.е. δ=0,03%.

Модельная масса m₁₀/m₃=2,004053*10⁻³ соответствует [18] известной массе Плутона 2*10⁻³m₃ в пределах 0,2%.

S=2. Формируем mT-состояние. Повторяем представленные в S=1 позиции n, n(b) и n(T) и соответствующие им отношения. Выставляем известную массу m₁₀/m₃, определяем n(m) и выставляем над осью отношение n/n(m). После этого, пользуясь равенством f/m=a(b), определяем f, а затем n(f). Выставляем под осью диапазоны и убеждаемся в том, что единичные отрезки несколько различаются. Мы связываем обнаруженное отсутствие совместимости с недостаточно точным значением m₁₀/m₃.

14. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В работе предложен способ анализа сложной системы отношений, который, с одной стороны, ориентирован на структурные соображения, а с другой, опирается на известные данные по планетной системе Солнца. Модельная система не наделена спецификой, является многоуровневой и иерархически организованной. На уровне параметра порядка n расположены, как правило, пять позиций, каждая из которых отвечает за одну (или более) из характеристик системы. В качестве известных

характеристик выбраны, как правило, период обращения планеты и малая полуось эллипса её орбиты. Результатом поиска является сеть разрешенных состояний, которая равным образом может интерпретироваться и как конкретная планетная система Солнца в принятых терминах, и как абстрактная эволюционно зрелая система отношений. В последнем случае набор n -позиций может рассматриваться как своего рода образец порядка в самоорганизующейся системе.

Перевод основных структурных характеристик на уровень параметра порядка и представленные варианты поиска дают возможность понять, как происходит эволюция на n -уровне. Если интересоваться эволюцией, некоторые шаги S (кроме mT -состояния) можно трактовать как варианты неустойчивости.

Продемонстрирована возможность структурного анализа, ориентированного на изолированность отдельного узла k . Однако не следует думать, что для такого конкретного узла его позиции $n(b)$ и $n(a)$ не зависят от других узлов цикла. Напротив, можно показать, что они являются результатом многочисленных связей и компромиссов на n -уровне. Мы приходим к выводу, что в структуре планетной орбиты скрытым образом заложены все наиболее важные характеристики движущейся по ней планеты. Пример узла $k=1$ (Меркурий) показывает, что иногда: а) текущее состояние весьма близко к исходному; б) варианты конечного состояния близки.

При обращении к ядру $n-n(b)-n(T)$ отметим следующие совпадения. В случае узлов $k=2, 4, 5, 6, 9$, позиция $n(b)$ делит его в отношении 3:1. Для узлов $k=1, 3$ и 7 ядро формирует диапазон, который также делится позицией $n(b)$ в отношении 3:1. Узел $k=10'$ имеет “обратное” ядро $n(T)-n(b)-n$, в котором позиция $n(b)$ делит его в отношении 1:3.

В [14] показано, что пространственно-временные характеристики спутников Марса деформируются со временем в результате выгорания Солнца, при этом массы спутников, предположительно, не меняются. Если принять, что аналогичная ситуация имеет место в случае планет, то на приведённых рисунках $n(m)$ -позиции устойчивы, а величины единичных отрезков Δ^* “плывут”, т.е. остальные позиции n -уровня меняются по мере изменения массы Солнца. Трансформации могут происходить и скачком.

Модельные массы планет приведены в таблице 3, где они сопоставлены с известными [18] данными. Модельные массы представлены в двух состояниях – исходном (*initial state*) и конечном (*final state*). Начальное состояние соответствует данным, приведённым в начале разделов 4-13, а конечное состояние приведено в комментариях к названным разделам. В среднем полученные в работе конечные модельные массы согласуются с известными массами планет в пределах 0,1%. Для условно включённого узла $k=5$ приведена оценка его состояния до распада (в приложении – на пояс астероидов). Наличие исходных и конечных позиций m_k/m_3 открывает возможность обсуждения процесса эволюции планетных масс.

Мы не рассматриваем полученные значения масс как окончательное решение, поскольку при более подробном исследовании могут быть обнаружены лучшие варианты согласования. Так, для каждой из планетных орбит, видимо, следует учесть наличие реальной позиции $n=a*b/\alpha T$. Она, по нашему мнению, должна демонстрировать совместимость с моделью, т.е. совпадать с одной из разрешенных позиций внутри анализируемого интервала n . Можно показать, что в предложенных

Определение относительных масс планет на основе характеристик их орбит...

сценариях указанное правило соблюдается для узлов $k=1-4$ и для узлов $k=5, 7, 9, 10', 10$ в пределах $\delta=5,5*10^{-4}\%$ и $\delta=0,09\%$ соответственно.

Таблица 4. Модельные результаты по массам планет m_k/m_3 в исходном (initial state) и конечном состояниях (final state) при сравнении с известными [18] данными (выделены).

k	Планета	$m_k^{in.st.}/m_3$	$m_k^{fin.st.}/m_3$	m_k/m_3	$\delta, \%$
1	Меркурий	$5,5278096*10^{-2}$	$5,4955570*10^{-2}$	$5,5*10^{-2}$	0,08
2	Венера	0,8541020	0,8147671	0,815	0,04
3	Земля	1	1	1	-
4	Марс	0,1201092	0,1066981	0,107	0,21
5	(пояс аст.)	1,6625077	1,7039496	-	-
6	Юпитер	337,934303	317,89966	317,8	0,03
7	Сатурн	95,491506	95,181259	95,2	0,02
9	Уран	20	14,598857	14,6	0,01
10'	Нептун	16,486259	17,136957	17,15	0,08
10	Плутон	$2,2360680*10^{-3}$	$2,0040530*10^{-3}$	$2*10^{-3}$	0,2

Возможно, приведённые соображения при дальнейшей детализации помогут яснее представить природу неустойчивостей при формировании планет, более точно определить их массы, а также понять, как формируются характеристики орбит и периоды обращения. По-видимому, в анализ эволюции должен быть включён инвариант 1,0036420, деформированные варианты которого выявлены при анализе n -позиций.

Основное достижение. 1. Проанализированы варианты организации порядка на n -уровне для девяти планет Солнечной системы; получены соответствующие устойчивые спектры. 2. Показано, что каждый такой спектр объединяет в форме отношений характеристики орбиты, массу планеты, период её обращения, ускорение и действующую на планету силу. 3. Установлено, что в структуре n -уровня реализуется порядок, ориентированный на монотонное повторение позиций по аналогии с [7] МК протоструктуры. 4. В среднем полученные в работе массы согласуются с известными массами планет в пределах 0,1%. 5. Проведена оценка структурных характеристик предполагаемого планетного тела (узел $k=5$, условно - Фазтон) до его распада на пояс астероидов. Показано, что его масса составляет $m_5/m_3=1,704$, а период обращения $T_5/T_3=4,609$. Результаты оценки не противоречат физическим представлениям.

Нам неизвестны работы, в которых характеристики планеты и её орбиты рассматривались бы совместно на основе параметра порядка.

Автор выражает глубокую признательность В.Ю. Александровой и Ю.В. Томашевичу за помощь при подготовке рукописи к публикации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альвен Х, Аррениус Г. Эволюция Солнечной системы. – М.: Мир, 1979. – 500 с.
2. Вейль Г. Симметрия. – М.: Наука, 1968. – 192 с.
3. Карери Дж. Порядок и беспорядок в структуре материи. – М: Мир, 1985. – 232с.
4. Кун Т. Структура научных революций. – М: Прогресс, 1977. – 300с.
5. Минский М. Фреймы для представления знаний. – М.: Энергия, 1979. – 154 с.

6. Мюррей К., Дермотт С. Динамика Солнечной системы. – М.: Физматлит, 2010. – 588 с.
7. Смирнов В.Л. Анализ эволюции дискретных спектров для сложных систем различной природы // Сложные системы. – 2016. – № 2 (19). – С. 70-83.
8. Смирнов В.Л. Формирование параметра порядка при эволюции неспецифической сложной системы // Сложные системы. – 2016. – № 3 (20). – С. 79-92.
9. Смирнов В.Л. Формирование комплекса в процессе эволюции сложной самоорганизующейся системы // Сложные системы. – 2016. – № 4 (21). – С.72-85.
10. Смирнов В.Л. Интерпретация комплекса, сформированного в сложной самоорганизующейся системе // Сложные системы. – 2016. – № 4 (21). – С. 86-98.
11. Смирнов В.Л. Неустойчивости в спектре разрешенных состояний сложной самоорганизующейся системы. Часть II. // Сложные системы. – 2017. – № 1 (22). – С. 80-94.
12. Смирнов В.Л. Эволюция двух элементов спектра разрешенных состояний в неспецифической сложной системе // Сложные системы. – 2017. – № 4 (25). – С. 57-72.
13. Смирнов В.Л. Масштабные коэффициенты для совместного описания самоорганизующихся систем разной природы // Сложные системы. – 2018. – № 2 (27). – С. 58-71.
14. Смирнов В.Л. Формирование и эволюция пространственно-временных характеристик спутников Марса // Сложные системы. – 2018. – № 4 (29). – С. 27-45.
15. Фейнман Р. Характер физических законов. – М.: Наука, 1987. – 160 с.
16. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 383 с.
17. Haken H., Knyazeva H. Arbitrariness in Nature: Synergetics and Evolutionary Laws of Prohibition // Journal for General Philosophy of Science. – 2000. – Vol. 31. – № 1. – P. 57-73.
18. URL: http://www.allplanets.ru/solar_sistem.htm.
19. URL: <http://www.sai.msu.ru/neb/rw/natsat/plaorbw.htm>.

DETERMINING RELATIVE PLANET MASSES BASED ON THEIR ORBITS AND THE ORBITAL CHARACTERISTICS

Smirnov V.L. (Cand. Sci. (Physics and Mathematics))

St.Petersburg, Russian Federation

VladimirL.Smirnov@yandex.ru

Abstract. The paper suggests an analytic method for determining the masses of the planets in the solar system relatively to the mass of the Earth. The model is based on the idea of self-organization of structures where the structure is understood as a network of nodes (allowed states on the numerical axis) and relations between them (rules). The allowed states are generated by the proto-structure understood as the primary cyclically organized set of relations. The proto-structure is designed to explore the evolution processes. In one of the cycles of the proto-structure we analyze the interaction of nodes at the level of the order parameter n , whose positions form a spectrum and specify the allowed nodes at the lower hierarchy levels (there is a total of 6 levels). Connections of the spectrum elements with the shown subordinate nodes are proposed; the suitability of relationships is demonstrated by the example of the initial state of the system. The object of the research is the level of the order parameter n in the state of evolutionary maturity. For this purpose, in the application all characteristics of an abstract system of relations are interpreted in the known terms of the planetary system of the Sun, which is understood as evolutionarily mature. For each planet, one part of the relative characteristics (distances, orbital periods, accelerations) is borrowed from observational data and transferred to the n -th level. The other part (the masses of the planets and the forces acting on them) is reconstructed based various ideas about symmetry which are specific to the n -level under the model. The leading characteristic on the n -th level is the relative angular momentum — in the case of

circular motion, the area described by the moving body per unit of time normalized to the adopted first position. At complication of interaction of nodes the level of an order parameter is detailed. On the n -level, among other things, the position of the form n (m) is placed, which makes it possible to determine m - the mass of the planet with known connections. The results obtained are interpreted equally from the standpoint of an abstract self-organizing system, and from the standpoint of a planetary system. On average, the model masses obtained in the paper is in accordance with the known masses of the planets within 0.1%. Additionally, for the asteroid belt, the mass and the orbital period of the proposed source object are estimated.

Keywords: Evolution, self-organization, order parameter, planetary system, planet masses, asteroid belt.

REFERENCES

1. Alfvén H., Arrhenius G. Evolution of the Solar System. NASA Sp-345, Washington, D.C. 1976.
2. Weyl H. Symmetry. Princeton, New Jersey: Univ. Press, 1952, 376 p.
3. Careri G. Order and Disorder in Matter. N.Y.: The Bengamin/Cumings Inc, 1984, 162 p.
4. Kuhn T. Structure of Scientific Revolutions. Chicago: Ed. University of Chicago, 1970, 210 p.
5. Minsky, M. Frames for knowledge representation. N.Y.: Ed. H. Winston, McGraw-Hill, 1975, 76 p.
6. Murray Carl D., Dermott Stanley F. Solar System Dynamics. Cambridge: University Press, 2009, 595 p.
7. Smirnov V.L. Analysis of Discrete Spectra of Evolution Paths for Various Complex Systems. *Slozhnye sistemy – The complex systems*, 2016, no. 2(19), pp. 70-83.
8. Smirnov V.L. Orderparameter Derivation from Evolution of Non-Specific Complex Sistem. *Slozhnye sistemy – The complex systems*, 2016, no. 3(20), pp. 79-92.
9. Smirnov V.L. Formation of a Complex During Evolution of a Complex Self-Organized System. *Slozhnye sistemy – The complex systems*, 2017, no. 4(21), pp. 72-85.
10. Smirnov V.L. Interpretation of a Complex Formed in Complex Self-Organized System. *Slozhnye sistemy – The complex systems*, 2017, no. 4(21), pp. 86-98.
11. Smirnov V.L. Instabilities in the Allowed State Spectrum of a Self-Organized System. Part II. *Slozhnye sistemy – The complex systems*, 2017, no. 1(22), pp. 80-94.
12. Smirnov V.L. Evolution of Two Elements of Allowed States Range in Non-Specific Complex System. *Slozhnye sistemy – The complex systems*, 2017, no. 4 (25), pp. 57-72.
13. Smirnov V.L. Scale factors for collective description of the various nature self-organized systems. *Slozhnye sistemy – The complex systems*, no. 2 (27), 2018, pp. 58-71.
14. Smirnov V.L. Formation and evolution of spatiotemporal properties of the Mars satellites. *Slozhnye sistemy – The complex systems*, no. 4 (29), 2018, pp. 27-45.
15. Feynman R. The Character of physical laws. A series of lectures recorded by the BBC at Cornell University USA. L.: Cox and Wyman LTD, 1965, 173 p.
16. Haken H. Synergetics. N. Y.: Springer-Verlag, 1983, 356 p.
17. Haken H., Knyazeva H. Arbitrariness in Nature: Synergetics and Evolutionary Laws of Prohibition. *Journal for General Philosophy of Science*, 2000, vol. 31, no. 1, pp. 57-73.
18. URL: http://www.allplanets.ru/solar_sistem.htm
19. URL: <http://www.sai.msu.ru/neb/rw/natsat/plaorbw.htm>